青少年亲社会行为的网络分析及核心维度*

林靓[1] 徐博雅[2] 杨莹[3] 张庆鹏[4] 寇彧[1]

([1] 北京师范大学发展心理研究院，应用实验心理北京市重点实验室，心理学国家级实验教学示范中心(北京师范大学)，北京 100875) ([2] 北京师范大学心理学部，应用实验心理北京市重点实验室，心理学基础国家级实验教学示范中心(北京师范大学)，北京 100875) ([3] 华东师范大学心理与认知科学学院，上海市心理健康与危机干预重点实验室，上海 200062) ([4] 广州大学公共管理学院社会学系，广州 510006)

摘 要 早期研究发现青少年的亲社会行为概念包括遵规-公益、关系、利他、特质四个维度。本研究探索了中国青少年(小学高年级到高中，$N = 9{,}160$)亲社会行为四维度和 15 题项的网络结构，发现无论是整体网络，还是性别及学段网络，遵规-公益维度的预期影响指数都最高，之后依次是利他、关系及特质维度。网络比较结果显示，亲社会行为的维度网络结构和题项网络结构均不存在明显性别差异，但存在学段间的差异，高中生的网络整体强度显著弱于初中生和小学生的。这项研究为理解青少年的亲社会行为提供了新视角，拓宽了亲社会行为的研究领域，提示未来研究可通过干预遵规-公益维度和利他维度来促进青少年整体亲社会行为发展。

关键词 青少年，亲社会行为，网络分析，网络比较，核心维度

收稿日期：2023-07-21

* 北京市社会科学基金重点项目(23JYA007)。

通信作者: 寇彧, E-mail: kouyu@bnu.edu.cn

1 引言

亲社会行为泛指一切符合社会期望且对他人及社会有益的行为(Eisenberg, et al., 2006)，它不仅是维持人际、群际以及社会和谐的重要行为，也是个体健康和幸福的重要标志。亲社会行为对青少年的心理健康、社交技能和学业能力都具有促进作用(Wentzel, 1993)，它能够帮助青少年建立与家人、同伴的良好社会关系(Padilla-Walker & Carlo, 2014)，让其远离暴力与反社会行为(Carlo et al., 2014)。因为青少年的认知和情感(如，抽象思维、角色扮演、情感标签和道德推理的能力)、人际关系(如，与同龄人面对面的接触机会、与家人相处的时间)和社会环境(如，学校规模、需要重组社会角色)等都呈现快速发展与多变现象，所以青春期是个体情绪与社会性(包括亲社会行为)发展的关键期(Baber, 2016; Goldstein et al., 2015; Opic, 2016; Steinberg, 2005)。厘清青少年亲社会行为的概念结构，以及亲社会行为的发展特点是研究者与教育者关注的重要内容。

亲社会行为是一种以“行为结果有利于他人”为主要特征的行为集合体，受到不同情境因素的影响而呈现多种表现形式(Carlo & Padilla-Walker, 2020)。例如，根据青少年社会交往的重要对象，可将其分为指向朋友的、指向亲人的与指向陌生人的等(Padilla-Walker, 2014)。根据终极目标与动机的纯粹性，研究者认为亲社会行为可以由利他动机、利己动机、集体性动机与道义动机驱动(Batson, 2003)。Carlo 等人(2002)根据情境的特征将亲社会行为分为利他的、依从的、情绪性的、匿名的、紧急的和公开的六种倾向，分别表示个体在不同情境中体现出的亲社会动机差异，但是其理论对动机的讨论大多局限在“帮助行为”上。另外，上述研究大多从研究者视角出发，通过简化分类的模式来提高实验室情境中变量的内部效度，但是研究结果较难广泛有效地拓展至真实情境，不利于人们理解亲社会行为全貌。我国学者基于“以研究对象为中心”的视角和“自下而上”的研究思路，通过对中国青少年进行群体焦点访谈、大规模问卷调查和实验室实验，揭示了中国青少年认同的亲社会行为类别。研究发现中国青少年关于亲社会行为的概念由利他性(即纯粹为了他人利益)，遵规公益性(即遵守社会规范、关心公众利益)，关系性(即建立和维持良好人际关系)及特质性(即保持良好的个人品质)四个维度构成(张庆鹏，寇彧，2011)。相较于传统亲社会行为研究仅关注单一的利他维度，该理论将亲社会行为拓展至上述四个维度，并从“自我-他人-群体”的框架出发，揭示了青少年亲社会行为源于不同心理需求的驱动(如，自我价值、人际关系、社会价值等；张庆鹏，2012)。随后，研究者据此编制了青少年亲社会行为量表(Prosocial Behavior Scale for Adolescents, PBSA)(杨莹 等，2016)，测量了青少年上述四个方面的亲社会行为。虽然研究者对亲社会行为的概念结构和测量的研究逐渐深入，但仍然缺乏对青少年亲社会行为内部结构

和组成元素之间相互关系的完整性研究。本研究拟通过较大规模样本的测查，采用网络分析(Network analysis)的方法，考虑不同成分亲社会行为之间的相互作用，揭示青少年亲社会行为的核心维度及各维度之间的相互关系。

网络分析是一种通过可视化方式探索某个心理构念的不同成分或相关的行为之间相互作用及其内在结构的方法(Borsboom & Cramer, 2013)。相比于辨认在某些特征上相似的事物并根据特征进行分类的聚类分析和识别多个观测变量背后潜在维度的因素分析，网络分析将变量结构视作一个整体网络，通过探索整个网络中内在成分之间的关系，揭示不同成分(即节点)的特征和它们之间的结构关系，以确定某个心理概念的核心特征(节点中心性、变量在心理过程中扮演的关键路径或桥梁作用等)(Borsboom & Cramer, 2013)。在实际研究中，理解心理构念的内在结构和核心特征有助于设计有针对性的心理评估工具，或制定精准的心理干预与治疗方案。Boccaletti 等人(2006)指出，网络分析可用于检验自我报告量表题项的相互关系，洞察网络中各个题项之间的关联性和重要性。其中，网络分析的“中心性”指标表征该题项在网络中的重要程度。目前，网络分析已越来越多地应用于心理病理学研究(Funkhouser et al., 2021; Liang et al., 2020)和人格心理学研究(Costantini, Richetin, et al., 2015; Cramer et al., 2012)。例如，研究发现，在人们的“绝望信念”中，通常“对于未来负面事件的预期多于对积极事件的预期”、“重要目标受阻”和“放弃的感觉”是核心的因素(Marchetti, 2019)；在“黑暗人格”中，“冷酷无情”和“人际操纵”是核心特征(Marcus et al., 2018)。过往研究虽未直接探讨亲社会行为网络，但 Briganti 等人(2018)首次将网络分析应用于移情研究领域，通过分析 28 个题项的人际反应指针量表内部要素之间的联系，发现核心特征为“他人的不幸通常不会给我带来太大的困扰”。上述研究结果表明，处于网络中心位置、占据主导地位的节点，正是该心理构念的核心特征，它们与其他节点具有较强的联结性(Hevey, 2018)。探寻处在网络中心位置的节点有助于揭示心理构念的内部结构(Briganti et al., 2018; Dalege et al., 2016)，并围绕中心节点设计干预心理构念的方案，达到“牵一发而动全身”的目的(Borsboom & Cramer, 2013)。

青春期是个体的生理、认知和关系快速发展变化的关键时期(Eisenberg, 2000)。随着青少年自主性不断增强、社会经验日益丰富，他们可能更加广泛地实施不同类型的亲社会行为(Fabes et al., 1999)，从而在亲社会行为不同维度上呈现出多样化发展的特征。以往研究分别在 13 岁至 16 岁和 15 至 18 岁的青少年群体中发现，他们对陌生人的帮助行为和志愿服务行为均随年龄增长而呈现上升趋势(Carlo et al., 2015; Eisenberg et al., 2005)。这可能表明随着年龄的增长，利他性和遵规-公益

性的亲社会行为在青少年日常生活中出现的频率增高。但是，并非所有类型的亲社会行为都随年龄上升。例如，研究发现 13 岁至 17 岁青少年的安慰和分享行为随年龄增长呈下降趋势(Luengo Kanacri et al., 2013)，这可能意味着亲社会行为中的关系性在青春期中后期逐渐减弱。说明亲社会行为随年龄的发展趋势存在内部分化，不同类型的亲社会行为发展过程不完全相同，可能具有各自独特的发展规律和内在机制。此外，采用 PBSA 开展的研究发现，中国青少年亲社会行为总分在小学四年级时开始上升，五年级最高，初一初二开始回落，高中时最低；但四个维度的发展则呈现不一致趋势：遵规-公益性和关系性亲社会行为先呈上升(小学四年级到五年级)后逐渐下降(初中到高中)的态势；利他维度则从小学到高一呈现上升，进而趋于平缓；特质性亲社会行为在各个年级间保持相对稳定(张梦圆 等，2015)。这一研究虽然发现了青少年亲社会行为不同维度间的差异，却并未综合考虑亲社会行为的核心概念，以及不同类型亲社会行为表现间的内部结构关系。本研究采用网络分析中的网络比较测试(Network Comparison Test)来比较不同网络的全局强度和结构，以及各个节点的中心性和边缘强度的差异(van Borkulo et al., 2015)。通过这种统计方法，旨在了解不同学段青少年亲社会行为的网络在结构、强度和边缘等方面的异同，从而观察青春期亲社会行为网络是否存在发展变化。

另外，关于亲社会行为性别差异的研究通常认为，女生比男生更有可能参与强调帮助、自我表露以及关系的亲社会活动(Rose & Rudolph, 2006)，而男生更倾向于在危险紧急且需要力量的情况下实施亲社会行为(Eagly, 2009)。也有研究发现，性别在情绪和社会性发展方面的差异明显，总体上女生比男生发展更快，这使得女生的亲社会行为倾向比男生更强。例如，青少年阶段的女生在亲社会行为的遵规-公益性、利他性、关系性和特质性上得分均高于男生(Carlo et al., 2015; 张梦圆 等，2015)。以往研究在中国大型青少年样本中考察了消极结果变量上的性别网络结构差异。例如，Liu 等人(2023)发现与女生相比，男生问题性网络使用的网络强度更高，表明其危险性更大。然而，尚未有研究者在网络分析视野下探讨亲社会行为的性别差异。通过网络分析方法研究亲社会行为中的性别差异，可以更细致地揭示不同性别在亲社会行为联结模式方面的特点，进而深化我们对基于性别差异进行个性化教育和干预策略的理解与应用。因此，本研究计划通过比较不同学段以及不同性别青少年的亲社会行为网络，以期发现并明确它们之间的差异或特点。

尽管研究者和学校工作者十分重视青少年亲社会行为的培养和提升，但是对于介入干预的关键时期尚无定论。研究者认为青春期早期的青少年不仅需要适应复杂的社会规则，还在同伴互动中具有高度敏感性，因此大多干预选择在这一时期进行(Caprara et al., 2014; Mesurado et al., 2019;

Wentzel et al., 2007)。网络分析方法为解决这一问题提供较可靠的依据：网络分析可以精确地识别出不同学段青少年亲社会行为中的核心成分及其相互关系，从而揭示不同发展阶段青少年亲社会行为中的最有效的干预目标要素(McNally, 2016)。考虑到改变网络中的核心节点可能会对整个网络产生显著影响(Blanchard & Heeren, 2020; Fried et al., 2017)，当激活网络中的一个节点时，该节点会与其他节点迅速传递联结，进而激活整个网络。确定亲社会行为核心组成成分将为教育工作者提供更为明确和有效的干预目标，以提高干预效果。

综上所述，本研究通过分析基于青少年亲社会行为四维度概念表征结果研制的 15 个题项的亲社会行为量表所获得的三个大型样本(分别为小学生、初中生、高中生)，来估计其亲社会行为的网络模型，从而(1)确定青少年亲社会行为的网络结构和核心维度；(2)比较小学、初中和高中三个学段亲社会行为的维度网络差异和题项网络差异；(3)比较男女生亲社会行为的维度网络差异及题项网络差异。

2 研究方法

2.1 被试

采用整群便利抽样的方法，选取北京市、福建省、河南省、江苏省、山东省、陕西省、四川省和重庆市这 8 个省份或直辖市 15 所普通中小学的学生作为被试，共计 9,160 名(含小学、初中和高中三个学段：$M_{小学年龄}$ = 10.82 岁，SD = 0.74；$M_{初中年龄}$ = 13.77 岁，SD = 0.71；$M_{高中年龄}$ = 16.64 岁, SD = 0.79，样本的详细信息见表 1)。数据收集于 2017 年，在调查前获得所有学校和家长的知情同意，采用纸笔测验的形式在课堂上统一施测，学生可随时终止作答。由于错填、漏填以及缺失亲社会行为关键变量，导致问卷存在一定的缺失数据。三个学段的数据缺失率分别为 12.17%(小学 420 个)、10.12%(初中 248 个)和 1.04%(高中 33 个)，性别的数据缺失率分别为 5.20%(男 240 个)和 6.69%(女 304 个)。因为现有的网络分析方法无法处理包含缺失值在内的计算(Epskamp & Fried, 2018)，本研究在数据处理阶段采用了 R 语言软件中 *mice* 包对缺失值进行插补(Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011)，以确保分析的准确性和样本完整性。本研究对原始数据进行非参数正态转换[1]，以满足数据正态分布标准(Epskamp & Fried, 2018)。

表 1 被试人口统计学信息

	整体样本		小学高年级组		初中组		高中组	
变量	*n*	%	*n*	%	*n*	%	*n*	%

[1] 我们在进行网络估计前采用 R 语言中的 *huge* 包中的 *huge.npn* 函数(平滑转化函数; Zhao et al., 2015)将变量的值映射到标准正态变量分布上，即将亲社会行为得分转换为具有边际正态分布的变量进行分析(Liu et al., 2012)。

性别								
男生	4615	50.4	1771	51.3	1328	52.1	1516	48
女生	4545	49.6	1681	48.7	1222	47.9	1642	52
父亲受教育程度								
初中及以下	2435	26.6	334	9.7	586	23	1515	48
高中(包括职业高中和中专)	1853	20.2	669	19.4	492	19.3	692	21.9
大专	897	9.8	408	11.8	200	7.8	289	9.2
大学本科	2209	24.1	1126	32.6	591	23.2	492	15.6
研究生及以上	1199	13.1	727	21.1	369	14.5	103	3.3
母亲受教育程度								
初中及以下	2730	29.8	360	10.4	654	25.6	1716	54.3
高中(包括职业高中和中专)	1793	19.6	746	21.6	430	16.9	617	19.5
大专	1068	11.7	441	12.8	299	11.7	328	10.4
大学本科	2030	22.2	1074	31.1	586	23	370	11.7
研究生及以上	1005	11.0	659	19.1	281	11	65	2.1
家庭月收入								
2000 元及以下	680	7.4	165	4.8	49	1.9	466	14.8
2001~5000 元	2317	25.3	839	24.3	469	18.4	1009	32
5001~10000 元	2570	28.1	1031	29.9	705	27.6	834	26.4
10001~20000 元	1772	19.3	688	19.9	578	22.7	506	16
20000 元以上	1213	13.2	544	15.8	421	16.5	248	7.9

注：某些变量中因存在缺失值，故总和未达到总样本人数。

2.2 研究工具

青少年亲社会行为量表。本研究采用青少年亲社会行为量表测量青少年的亲社会行为(杨莹等，2016)。该量表有 15 道题目，分别测量了遵规-公益性(5 个题目)、关系性(3 个题目)、利他性(4 个题目)和特质性(3 个题目)四个维度的亲社会行为。量表采用李克特七点计分方式(1 = *完全不符合*；7 = *完全符合*)，得分越高说明青少年的亲社会行为水平越高。本研究中四个维度的 Cronbach’s α 系数分别为：遵规-公益性 α = 0.817；关系性 α = 0.741；利他性 α = 0.796；特质性 α = 0.711。

2.3 数据分析方法

数据分析方法包括描述性统计分析和网络分析两个部分。首先，本研究使用 SPSS23.0 对所有数据进行了描述性统计分析，以探索被试基本信息及人口统计学变量的作用。其次，本研究使用 R 4.1.3 对数据进行了网络分析，以探讨亲社会行为量表各维度/题项之间的网络结构关系。网络分析的步骤遵循 Epskamp 等人于 2018 年发表的标准化指南，分析内容包括五个部分：网络估计、可视化网络、中心性指标估计、网络比较及网络准确性和稳定性估计。

2.3.1 网络估计

按照 Epskamp 等人(2018)发布的网络分析步骤标准化指南，对样本整体及性别(男生和女生)和学段(小学、初中和高中)的偏相关网络估计均使用 R 语言软件中的 *qgraph* 包，其中圆形节点表示维度/题项，节点之间的连线线条称作边缘，它的粗细表示偏相关系数的大小。

本研究对每一个偏相关网络执行了如下程序：第一步，进行高斯图形模型估计(Costantini, Epskamp, et al., 2015)，该模型可以估计所有节点之间的成对关联参数；第二步，采用最小绝对收缩和选择算子(Epskamp & Fried, 2018)避免假阳性关联。这种程序是一种正则化技术，将关联较小的边缘设置为 0，以便更慎重地识别与其相关的边缘，进而更精准地识别潜在的网络结构(van Borkulo et al., 2014)。

2.3.2 网络可视化

分别对青少年亲社会行为的总体网络、小学网络、初中网络和高中网络、男生网络、女生网络进行了可视化估计。所有网络的可视化均使用 Fruchterman-Reingold 算法。本研究将正相关的边缘设置为蓝色，将负相关的边缘设置为红色，边缘的线条越粗表示两个节点之间的连接越紧密。在网络中，聚集在一起的节点表示它们之间的连接更强或相互之间的连接更多。为了使不同网络中的相同节点被固定于相同位置，便于进行可视化比较，本研究使用 *qgraph* 程序包中的 *averageLayout* 函数进行网络布局，该函数根据多个网络中的平均位置来呈现节点的一致布局。

2.3.3 中心性指标估计

本研究采用预期影响指数(Expected Influence Index)来衡量网络中每个节点的影响力。预期影响指数是指连接到一个节点的边权重之和，节点的预期影响指数越高，表示其在网络中的影响力越大。与传统中心性度量方式不同，在计算预期影响指数时，不会将小于 0 的边缘权重取绝对值，而是保留其符号，允许网络中的正向与负向关系，从而提供更为全面的影响力评估(Robinaugh et al., 2016)。

2.3.4 网络比较

为了探究亲社会行为网络的性别差异和各学段之间的差异，本研究从全局不变性和局部不变性两个角度出发，通过置换检验的方法分别对不同学段和性别的亲社会行为网络进行比较。网络比较分析采用 R 语言软件中的 *NetworkComparisonTest* 包进行全局不变性检验和局部不变性检验，显著性水平设置为 0.05，结果小于 0.05 则视为存在显著性上的差异(van Borkulo et al., 2022)。全局不变性检验分为两部分：网络结构不变性检验和网络整体强度不变性检验。网络结构不变性检验探索了各个网络边缘权重的绝对值的最大差值，网络整体强度不变性检验则探索了各个网络中所

有的边缘权重绝对值之和的差值。局部不变性检验是对各个样本网络中各边缘权重和各节点中心性指数的差值进行检验，并采用 Holm-Bonferroni 算法进行校正。

2.3.5 网络准确性和稳定性估计

本研究通过 R 语言软件中 *bootnet* 包估计网络的准确性和稳定性(Epskamp et al., 2018)。本研究中边缘权重的准确性通过自举边缘权重的 95%置信区间进行估计，置信区间覆盖的区域越小则边缘估计越准确。通过子集构造程序删除一定比例的被试并重新估计节点中心性，该中心性与原中心性指标相关程度达到 0.7 时，删除被试的比例被定义为中心性稳定性系数(Centrality Stability Coefficient, CS)，当该系数大于 0.25 时，代表稳定性达到可接受的范围，当该系数大于 0.5 时，则表明稳定性良好。

3 结果

3.1 青少年亲社会行为的总样本网络

3.1.1 网络估计

分别估计了亲社会行为的维度网络和题项网络，网络中每个节点的描述如表 2 所示。针对亲社会行为维度网络的内部结构估计出一个包含 4 个节点和 6 条边缘的正则化网络，其中 6 条边缘的权重非零(平均权重为 0.28)。如图 1 所示：每个节点与其他节点之间均存在正相关。遵规-公益性、利他性以及关系性聚集在一起，彼此之间两两相互作用非常紧密；而特质性与关系性之间的联系较弱，处于非核心的位置。针对亲社会行为题项网络的内部结构估计出一个包含 15 个节点和 105 条边缘的正则化网络，其中 93 条边缘的权重非零(平均权重为 0.06)。与此同时，属于同一维度的不同题项更倾向于聚集在一起，但不同维度之间的题项相互之间的连接也较为紧密。其中，遵规-公益性中的 PB01 与 PB02 存在紧密连接。利他性的 PB06 与关系性的 PB07 存在紧密连接。而属于关系性的 PB12、与利他性的 PB11、特质性的 PB14 也存在紧密连接。

表 2 题项网络中各节点的基本信息

缩写	题项	所属维度
PB01	我喜欢参加校内外组织的社会公益活动。	遵规-公益性
PB02	我愿意为班集体做事情。	遵规-公益性
PB03	我主动把座位让给有需要的人，如“老弱病残孕”。	利他性
PB04	我会主动邀请旁观者加入我们的游戏。	关系性
PB05	我体谅父母的辛劳并主动承担一些力所能及的家务。	遵规-公益性
PB06	同学生病时，我主动送他到校医室。	利他性
PB07	我会主动和新同学打招呼并结交成为朋友。	关系性
PB08	我愿意改正自己的缺点。	特质性

PB09	值日时，我不惜花更多时间打扫教室卫生。	遵规-公益性
PB10	我会对别人的秘密守口如瓶。	特质性
PB11	我会帮同学补课或教同学打球。	利他性
PB12	与朋友发生小矛盾后，我会主动道歉。	关系性
PB13	遇到老师和长辈，我会主动问好。	遵规-公益性
PB14	我常常赞美他人的优点。	特质性
PB15	我很乐意给灾区捐款捐物。	利他性

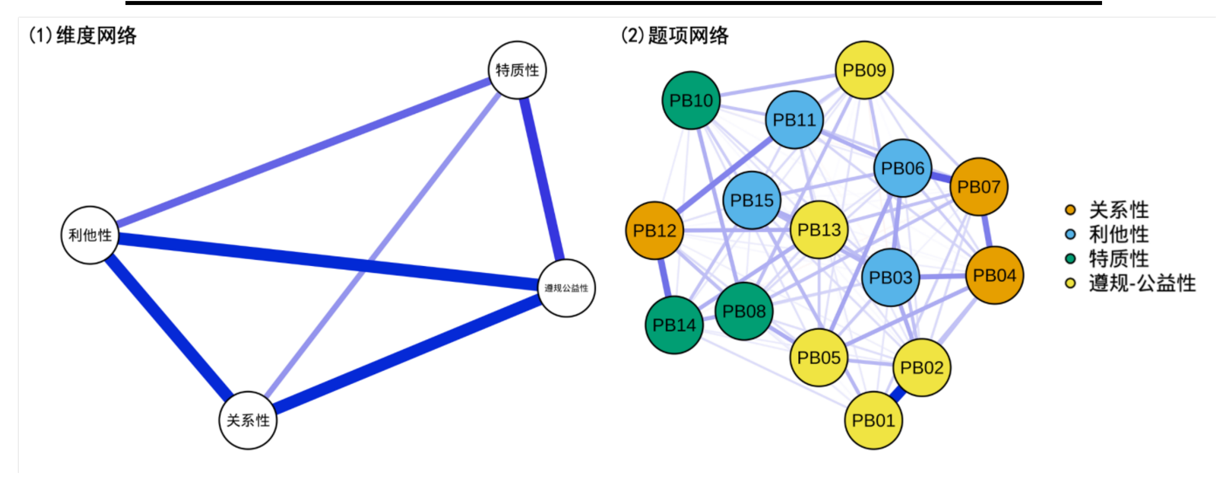


图 1 总样本亲社会行为维度和题项网络

注：维度网络中每一个节点代表一种亲社会行为维度，题项网络中每一个节点代表一种亲社会行为。连接两个节点的边代表两个节点之间的偏相关性，边的粗细表示偏相关性的强度。边缘越粗表示偏相关性越强，边缘越细表示偏相关性越弱。蓝色边代表正相关；红色边代表负相关。同一维度下的不同亲社会行为用相同颜色标记(黄色 = 遵规-公益性；橘色 = 关系性；蓝色 = 利他性；绿色 = 特质性)。各节点对应的具体描述见表 2。所有可视化网络的连线数值具体可参见补充材料附表 1 和附表 2。

3.1.2 中心性指标

亲社会行为维度网络和题项网络的预期影响指数如图 2 所示：在亲社会维度网络中，遵规-公益性的预期影响指数最高，其次分别是利他性、关系性，特质性的预期影响指数最低。在亲社会行为题项网络中，来自遵规-公益性的 PB02(“我愿意为班集体做事情”)的预期影响指数最高，其次分别是利他性的 PB06(“同学生病时，我主动送他到校医室”)、特质性的 PB08(“我愿意改正自己的缺点”)，表明这三个节点对题项网络的影响最大。来自特质性的 PB10(“我会对别人的秘密守口如瓶”)的预期影响指数最低，说明它在整个亲社会行为题项网络中处于比较遥远的位置，与其他亲社会行为指标关系较弱，详细信息见补充材料附图 3。

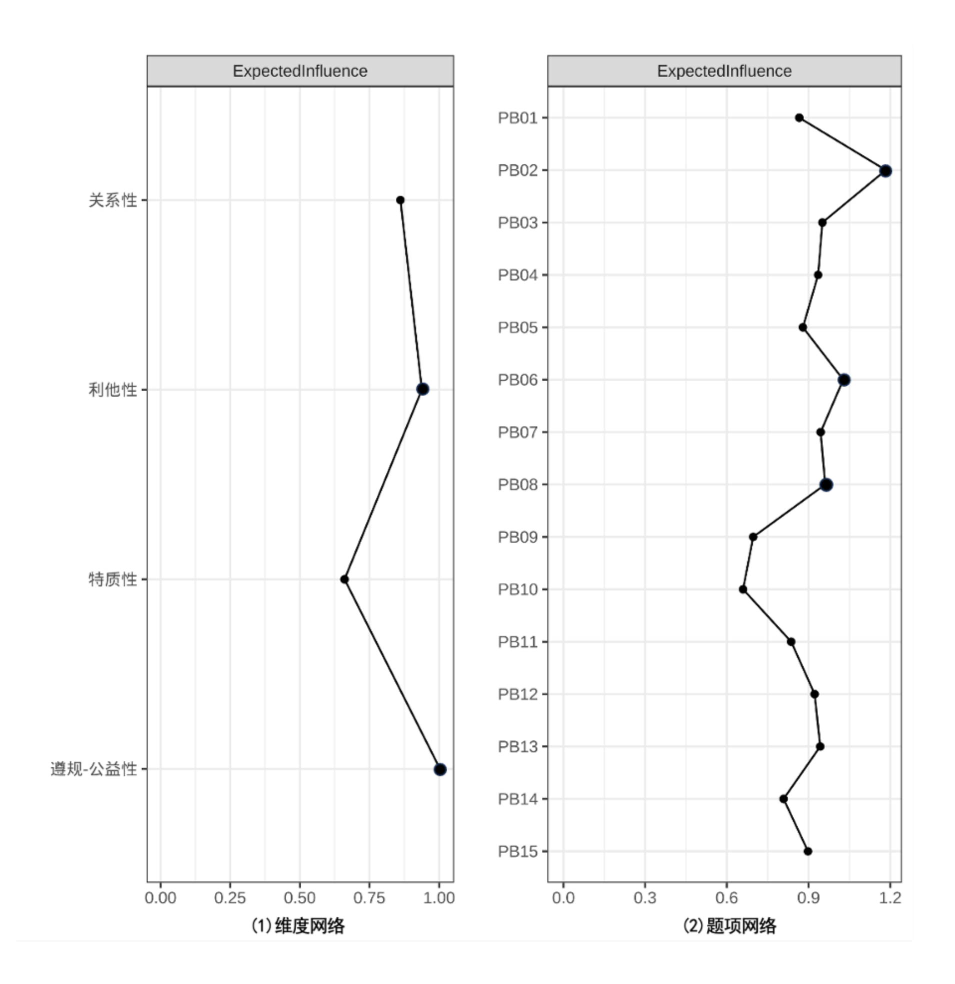


图 2 总样本亲社会行为维度网络和题项网络中心性的非标准化估计

注：图中预期影响指数(Expectedinfluence)为本文的中心性指标(下同)

3.1.3 网络准确性和稳定性

通过维度网络和题项网络的边缘权重自举结果(见补充材料中附图 4)及中心性指标的稳定性估计结果(见补充材料中附图 5)可以得知，维度网络与题项网络均具有较高的准确性，其 CS 系数均为 0.75，表明整体稳定性较好。

3.1.4 小结

对整体样本维度网络和题项网络进行探索，结果发现，维度网络和题项网络有较高的网络准确性和稳定性，遵规-公益性和利他性在维度网络中占据核心位置，题项网络结果与维度网络结果一致。

3.2 学段网络

3.2.1 网络估计

为了探索不同学段青少年的亲社会行为的网络结构差异和核心维度，本研究分别估计了小学、初中以及高中三个学段的亲社会行为维度网络和题项网络。在三个学段的亲社会行为维度网络中，分别都产生了 6 条非零权重的边缘(平均权重分别为小学 = 0.29；初中 = 0.29；高中 =

0.28)。如图 3 所示，三个学段的亲社会行为维度网络存在一定的一致性和差异性，具体表现为：遵规-公益维度与利他维度之间的紧密联结在三个学段中都存在，但随着年级增高，二者之间的联系愈发紧密；而特质维度与关系维度之间的联结在三个学段中都是最为薄弱的，而且也随着年级增高而变得更为薄弱。

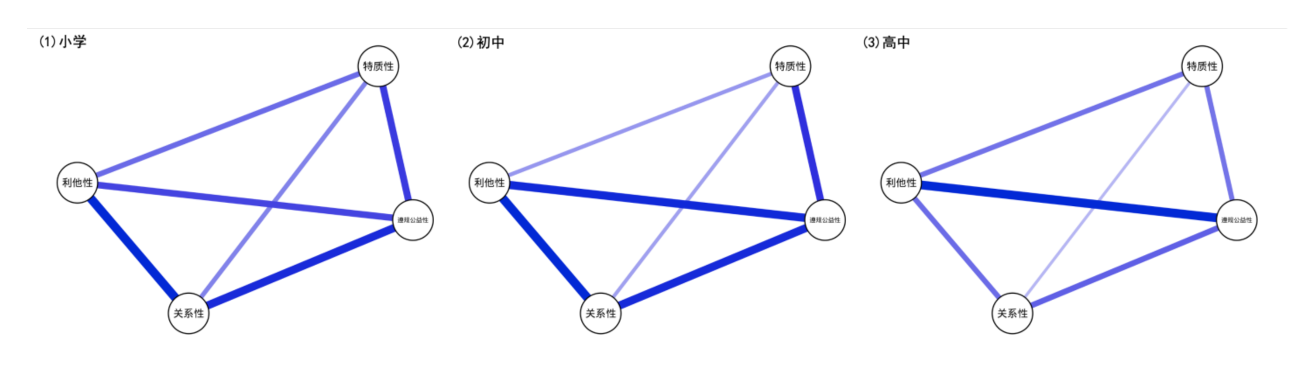


图 3 学段维度网络可视化

注：每一个节点代表一种亲社会行为维度。连接两个节点的边代表两个节点之间的偏相关性，边的粗细表示偏相关性的强度。边缘越粗表示偏相关性越强，边缘越细表示偏相关性越弱。蓝色边代表正相关；红色边代表负相关。

在三个学段的亲社会行为题项网络中，分别都产生了 105 条边缘，其中非零权重的边缘在小学、初中和高中分别为 88 条、82 条和 81 条(三个学段的平均权重都是 0.06)。如图 4 所示，在三个学段的亲社会行为题项网络中，遵规-公益性的 PB01 和 PB02 都存在紧密连接。在小学，关系性的 PB12 与特质性的 PB14 连接紧密；在初中，关系性的 PB12 不仅与特质性的 PB14 紧密连接，且与利他性的 PB11 也紧密连接；在高中，PB12 与 PB14、PB11 的关系则变弱了。

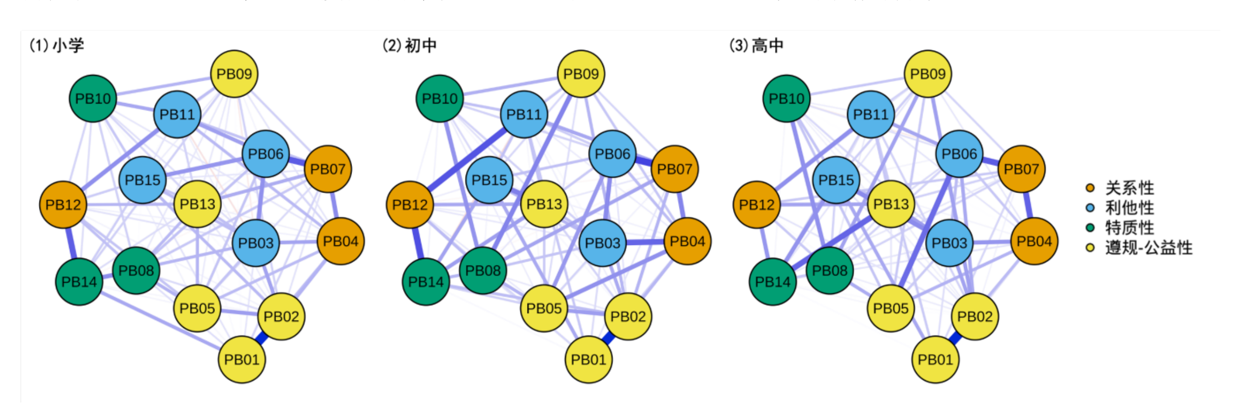


图 4 学段题项网络可视化图

注：每一个节点代表一种亲社会行为。连接两个节点的边代表两个节点之间的偏相关性，边的粗细表示偏相关性的强度。边缘越粗表示偏相关性越强，边缘越细表示偏相关性越弱。蓝色边代表正相关；红色边代表负相关。

3.2.2 中心性指标

各学段亲社会行为的维度网络和题项网络的预期影响指数如图 5 所示：虽然在所有学段的网络中，中心性指标的排序皆为遵规-公益性、利他性、关系性及特质性，但各学段的维度网络存在一定的差异。具体而言，遵规-公益性的预期影响指数在初中组最高，小学组最低，初中组和高中组显著高于小学组，$p_{\text{小学-初中-遵规公益性}} = 0.001$，$p_{\text{初中-高中-遵规公益性}} = 0.32$，$p_{\text{小学-高中-遵规公益性}} = 0.03$。利他性的预期影响指数在高中组最高，小学组最低，高中组显著高于小学组和初中组，$p_{\text{小学-初中-利他性}} = 0.65$，$p_{\text{初中-高中-利他性}} = 0.03$，$p_{\text{小学-高中-利他性}} = 0.005$。关系性的预期影响指数在小学组最高，高中组最低，小学组和初中组显著高于高中组，$p_{\text{小学-初中-关系性}} = 0.20$，$p_{\text{初中-高中-关系性}} < 0.001$，$p_{\text{小学-高中-关系性}} < 0.001$。特质性的预期影响指数在小学组最高，初中组略低于高中组，小学组显著高于初中组和高中组，$p_{\text{小学-初中-特质性}} = 0.001$，$p_{\text{初中-高中-特质性}} = 0.55$，$p_{\text{小学-高中-特质性}} = 0.003$。在所有学段的题项网络中，中心性指标排序从高到低位列前三的分别为：小学组 PB02、PB06、PB07；初中组 PB02、PB06 和 PB03 并列、PB12；高中组 PB02 和 PB06 并列、PB13、PB03 和 PB08 并列第三。其中来自遵规-公益性的 PB02 的预期影响指数在三个学段题项网络中均排第一。而小学组 PB09、初中组 PB10 和高中组 PB10 的预期影响指数分别是最低的。题项中心性显著性差异结果的详细信息见补充材料附表 3 和附图 6。

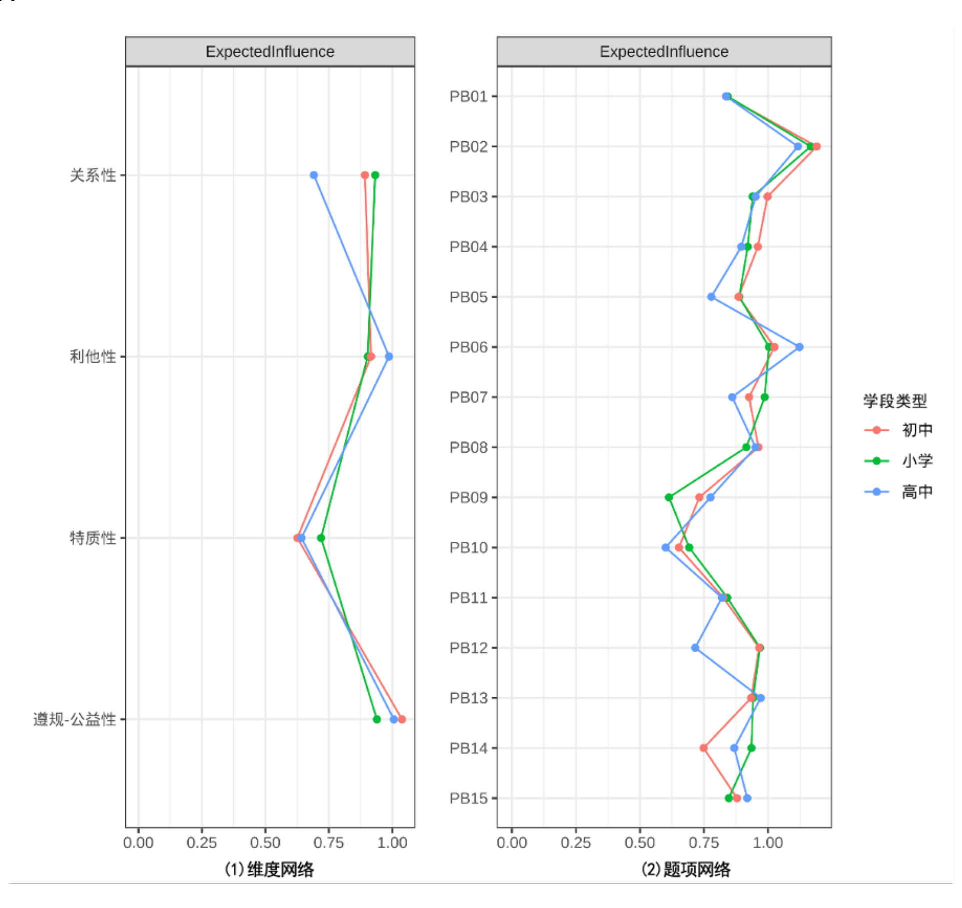


图 5 各学段的维度网络和题项网络中心性的非标准化估计

3.2.3 学段网络的准确性及稳定性

通过各学段的亲社会行为维度网络和题项网络的边缘权自举结果(附图 7)及中心性指标的稳定性估计结果(附图 8)可知，各学段网络具有较好的准确性。小学、初中和高中的维度网络和题项网络的 CS 系数皆为 0.75，表明整体稳定性较好。

3.2.4 学段网络比较

我们采用全局不变性和局部不变性检验分别比较小学、初中和高中亲社会行为维度网络，详见补充材料附表 1。首先，网络结构不变性检验显示学段的维度网络之间存在显著差异($S_{小学-初中}$ = 0.08, $p_{小学-初中}$ = 0.050; $S_{初中-高中}$ = 0.12, $p_{初中-高中} < 0.001$; $S_{小学-高中}$ = 0.18, $p_{小学-高中} < 0.001$)。其次，整体强度不变性检验也显示学段的维度网络之间存在显著差异($S_{小学-初中}$ = 0.01, $p_{小学-初中}$ = 0.38; $S_{初中-高中}$ = 0.07, $p_{初中-高中} < 0.001$; $S_{小学-高中}$ = 0.08, $p_{小学-高中} < 0.001$)。最后，边缘不变性检验结果显示各学段的维度网络之间存在有显著差异的边缘。具体而言，小学组和初中组之间共有 1 条边缘存在显著差异。小学组在利他性和遵规-公益性上的联结显著弱于初中组($p = 0.005$)。初中组和高中组之间共有 5 条边缘存在显著差异。具体而言，初中组利他性和遵规-公益性上的联结显著弱于高中组($p < 0.001$)，初中组利他性和关系性的联结显著强于高中组($p < 0.001$)，初中组遵规-公益性与关系性的联结显著强于高中组($p = 0.032$)，初中组利他性与特质性的联结显著弱于高中组($p = 0.003$)，初中组遵规-公益性与特质性的联结显著强于高中组($p = 0.034$)。

同理，采用全局不变性和局部不变性检验分别比较小学、初中和高中亲社会行为的题项网络。首先，网络结构不变性检验显示学段的题项网络之间存在显著差异($S_{小学-初中}$ = 0.14, $p_{小学-初中}$ = 0.002; $S_{初中-高中}$ = 0.13, $p_{初中-高中} < 0.001$; $S_{小学-高中}$ = 0.18, $p_{小学-高中} < 0.001$)。其次，整体强度不变性检验显示小学 vs 初中和小学 vs 高中的题项网络差异不显著($S_{小学-初中}$ = 0.02, $p_{小学-初中}$ = 0.82; $S_{初中-高中}$ = 0.25, $p_{初中-高中}$ = 0.04; $S_{小学-高中}$ = 0.11, $p_{小学-高中}$ = 0.27)。最后，边缘不变性检验结果显示学段的题项网络之间存在显著差异。小学组和初中组之间共有 24 条边缘存在显著差异；初中组和高中组之间共有 24 条边缘存在显著差异；小学组和高中组之间共有 35 条边缘存在显著差异，详情可参考补充材料附表 2。

3.2.5 小结

分学段进行网络分析，结果发现，遵规-公益性在初中组最突出，利他性在高中组最突出，关系性和特质性在小学组最突出。亲社会行为维度和题项网络之间存在显著的结构和强度差异，高中组亲社会行为网络强度和结构显著弱于初中组和小学组。在维度网络的边缘性方面，小学组与初中组仅在利他性和遵规-公益性联结上存在差异，初中组与高中组在多个维度联结上都存在边缘差异。

3.3 性别网络

3.3.1 网络估计

为了探索青少年亲社会行为的性别网络结构差异和核心维度，本研究分别对男生和女生亲社会行为的维度和题项进行了网络估计，详细信息见补充材料附图 9。在男女亲社会行为维度网络中，分别产生了 6 条非零权重的边缘(平均权重为男生 ＝0.30；女生 ＝0.30)。在男女亲社会行为题项网络中，各自产生了 105 条边缘，女生非零权重的边缘为 91 条，男生非零权重的边缘为 90 条(平均权重均为 0.06)。男女生的亲社会行为题项网络的结构也具有较高的相似度，均发现遵规-公益性中的 PB01 与 PB02 紧密连接。

3.3.2 中心性指标

男女生亲社会行为维度网络和题项网络的预期影响指数具有高度相似性(图 6)。在男女生的维度网络中，预期影响指数的排序从高到低皆为遵规-公益性、利他性、关系性、特质性。男生在遵规-公益性和关系性的预期影响指数得分要略高于女生。而女生在特质性上的预期影响指数得分要略高于男生，但是性别上四个性的中心性指标均没有显著差异($ps > 0.05$)。与此同时，女生题项网络中的预期影响指数从高到低位列前三的是 PB02、PB06、PB08。男生题项网络中的预期影响指数从高到低位列前三的是 PB02、PB06、PB07，详细信息见补充材料附图 10。同样，性别上题项上的中心性指标均没有显著差异($ps > 0.05$)，详细信息见补充材料附表 3。

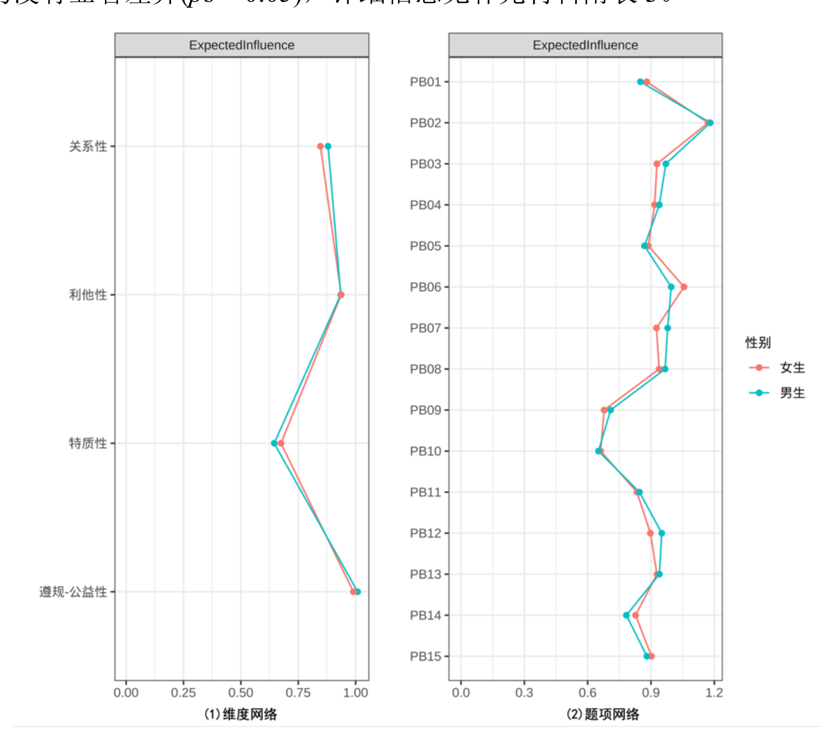


图 6 性别维度和题项网络中心性的非标准化估计

3.3.3 性别网络的准确性及稳定性

通过男女生亲社会行为的维度网络及题项网络的边缘权自举结果(补充材料附图 11)及中心性稳定性估计(补充材料附图 12)，可知其网络准确性较好，且 CS 系数均为 0.75，显示出良好的整体稳定性。

3.3.4 性别网络比较

我们继续采用三项测试比较男女生的亲社会行为维度网络。首先，网络结构不变性检验显示性别网络之间不存在显著差异($p = 0.78$)。其次，整体强度不变性也显示性别网络之间不存在显著差异($p = 0.35$)。最后，边缘不变性检验结果还显示性别网络中所有的边缘之间均无显著差异。这表明亲社会行为各个维度在不同性别之中都是较为稳定的。

采用三项测试分别对男女生亲社会行为的题项网络进行比较。首先，网络结构不变性检验显示不存在显著差异($p = 0.38$)。其次，整体强度不变性显示不存在显著差异($p = 0.97$)。最后，边缘不变性检验结果显示，在性别题项网络中，仅有 8 条边缘存在显著差异。在男生题项网络中存在利他性的 PB06 与关系性的 PB12 之间的联结，而女生的题项网络中则无这条联结。在女生题项网络中存在关系性的 PB12 与特质性的 PB10 之间的联结，而男生网络中则无这条联结，具体结果见补充材料附表 2。

3.3.5 小结

分性别进行网络分析，结果发现，性别上维度/题项的中心性均无显著差异，与整体样本结果一致。在亲社会行为维度网络上也不存在显著的结构和强度差异，仅在题项网络上存在细微联结差异。

4 讨论

本研究基于小学、初中、高中三个学段的大样本，采用网络分析方法深入探究中国青少年亲社会行为各维度及其内部题项之间的关联，进一步对比不同学段、不同性别青少年亲社会行为网络中的核心维度、核心题项和网络结构差异。研究结果发现，遵规-公益维度的中心性指标在整体网络以及不同学段、性别网络中始终最高，说明遵规-公益维度在青少年亲社会行为中均处于核心地位。其次，不同学段亲社会行为网络呈现出显著不同的网络结构，尤其在高中阶段，亲社会行为网络结构变得更为松散。第三，青少年的亲社会行为维度网络结构在性别上无显著差异，表明网络结构存在跨性别的一致性。本研究首次从网络关联角度对中国青少年亲社会行为进行的研究，不仅揭示了我国青少年亲社会行为的内部结构特征，还为理解亲社会行为各行为组成部分间相互作用和发展阶段的变化提供了新的洞察。上述发现提示研究者在探究青少年亲社会行为时，应综合考虑其内部关系，各组成部分的复杂性和差异性，以及不同学段的发展差异。

4.1 青少年亲社会行为网络的核心维度

整体样本网络分析结果发现，遵规-公益维度与利他维度在网络中占据重要的位置，且二者联系紧密。该结果与过往一系列研究结果具有一致性，即利他性亲社会行为与社会责任(即以有益于社会的方式行事的义务)密切相关(Batson et al., 2003; Carlo & Pierotti, 2020)。遵规-公益性作为青少年亲社会行为中的核心维度，是旨在维护较大社会环境的规则与提升群体利益的亲社会行为(寇彧，张庆鹏，2006)，符合中国集体主义文化中的社会规范。这也与以往研究发现中国青少年对集体取向的亲社会行为的评价显著高于个体取向亲社会行为的结果一致(Chen et al., 2002)。整体亲社会行为的题项网络结果显示，来自遵规-公益维度的 PB02(“我愿意为班集体做事情”)在网络中占据核心位置。这说明对于青少年而言，对班级集体的付出和贡献是践行亲社会行为的关键。在中国文化中，集体主义精神被高度推崇，“为班集体做事情”反映个人对集体的忠诚和对集体利益的尊重。因此，教育工作者可以通过凝聚班级责任感来提升青少年的亲社会行为，以促进青少年的亲社会行为发展。

4.2 不同学段亲社会行为网络的核心维度

不同学段维度网络比较结果显示，遵规-公益维度是各学段最核心的维度，在初中组的中心性指标最高。这表明初中阶段可能是对遵规-公益维度最敏感的关键时期。因此，在亲社会行为的培养或干预促进中，教育工作者应该重视从遵规-公益入手，尤其应在初中阶段着重培育青少年的遵规和公益意识，以达到事半功倍的效果。具体而言，教育工作者可采用促进亲社会行为和情感技能、对抗青春期外化问题的干预方案，鼓励青少年设定能够帮助学校和班级变得更好的目标(Caprara et al., 2014)；通过组织集体性游戏活动，为学生设立共同的目标认知，促进同伴合作和冲突解决(寇彧，王磊，2003)。此外，在利他维度上，高中组的中心性指标最高，说明青少年亲社会行为的发展过程中，利他性逐渐变得更加突出。高中阶段是对利他维度最重视的阶段，这可能由于他们对社会责任感和成人角色认识的增加，对亲社会行为的积极效果有着更深刻的理解(Eisenberg, et al., 2006)。在促进高中生的亲社会行为时，需要更加强调利他品质。例如，在树立亲社会行为榜样时，教育工作者可以突出榜样的利他性特征，同时培养高中生的同理心和助人为乐的精神。虽然关系性在整体样本中为中心性相对较弱的一个维度，但小学组和初中组的关系性中心性指标显著高于高中组。考虑到其易于干预的特征，以及不同年龄组的独特性，关系性对于早、中期青少年而言，可能是具有高潜在价值的干预焦点。关系性植根于青少年自身与同伴之间的互动，教育工作者可以依据不同学段青少年的发展特点，通过改善其社交技能、沟通能力和冲突解决策略，有效地对关系性这一维度进行干预。最后，特质维度的中心性在整体网络中最低，但是小学组的中心性指标显著高于初中和高中组，说明小学高年级学生更重视与个人特质相关的

亲社会行为特征。特质性亲社会行为与人格等稳定性倾向类似，强调与个人积极品质相关的行为。

本研究关于不同学段网络比较的发现，提供了亲社会行为网络结构在青春期发展变化方面的证据。小学高年级学生的亲社会行为网络整体强度最高，其次为初中生的，最后为高中生的。该结果表明，随着青少年的成长，亲社会行为网络可能经历了重要的结构变化。尤其值得关注的是，小学生与初中生的网络整体强度无显著差异，但是高中生网络的整体强度显著弱于初中生的和小学生的，全局强度的下降意味着节点之间激活程度的下降。这一发现对于理解青春期亲社会行为的发展和干预具有重要意义，亲社会行为的各个节点更容易在小学和初中阶段彼此激活，表明这两个阶段的学生在不同类型的亲社会行为彼此之间关联紧密。因此，小学和初中阶段可能是干预青少年整体的亲社会行为的最佳关键时间，这一时期的干预能够最大程度激活整个亲社会行为网络，对青少年的社会性发展产生事半功倍的深远影响。

4.3 亲社会行为网络无明显性别差异

本研究发现遵规-公益维度、利他维度、关系维度、特质维度四个维度在性别上没有显著的中心性差异，在网络结构上也未显示出显著性别差异。然而，在题项性别网络比较中，发现了一些细微差异。例如，利他维度的“同学生病时，我主动送他到校医室”(PB06)与关系维度的“与朋友发生小矛盾后，我会主动道歉”(PB12)的联结仅存在于男生网络中。相对的，我们在女生网络中则发现存在关系维度的“与朋友发生小矛盾后，我会主动道歉”(PB12)和特质维度的“我会对别人的秘密守口如瓶”(PB10)的联结。基于性别社会化理论，一些研究指出，女生在社会化过程中更为关怀他人，而男生可能在某些情境中会抑制亲社会行为的意愿(Fagot et al., 2000)。同时，男生与女生由于性别角色信念的差异，可能在不同的亲社会行为类别上有所侧重。例如，女生重视忠诚和善良，而男生可能更倾向于在紧急情境中采取行动(Carlo, 2013)。这在一定程度上解释了为什么在女生网络中，存在更多关于关系修复和保守秘密的联结；而在男生网络中，紧急情境下的行动性反应，如同学生病时的主动帮助则显得更为突出。尽管题项网络中存在性别差异，但本研究结果表明亲社会行为维度网络具有跨性别的一致性。考虑到不同学段的网络结构存在差异，我们进一步探索了不同学段的亲社会行为维度网络是否存在性别差异。结果发现，不论哪个学段，亲社会行为维度网络均未显示出性别差异(详见补充材料附图 1 和附图 2)。本研究进一步证实，在青少年的不同发展阶段中，不同性别的亲社会行为网络结构和中心性是相似的。

4.4 研究局限与未来研究展望

本研究存在一定的局限。第一，本研究中的网络是完全基于青少年自我报告的亲社会行为量表构建的，无法避免社会赞许性的影响。未来研究可采用观察法、临床访谈和行为实验等多种方

法来获取更丰富的数据，并加以比较；或者通过同伴/教师等他人评价的方式来降低自我报告有可能带来的社会赞许性问题。第二，这项研究虽然涵盖了小学、初中和高中三个不同学段的青少年群体，但是数据为横断调研数据，样本也只来源于 8 个省/直辖市，未来可以考虑采用更有代表性的全国纵向追踪数据来揭示青少年亲社会行为的维度网络和题项网络，及其发展变化规律和不同维度/题项间的相互影响。

4.5 研究结论与启示

伴随着青少年的成长，其社会认知及社会情感都在发展(Hart & Carlo, 2005)，社会性能力和亲社会行为也在发展(Blakemore & Mills, 2014; Yang et al., 2021)。基于小学、初中和高中三个学段大规模的中国青少年样本，本研究首次采用网络分析技术对亲社会行为进行网络估计和分析，为研究提供新的分析视角。研究发现遵规-公益性和利他性位居青少年亲社会行为的核心位置，为理解青少年亲社会行为的网络结构提供了新的认识。本研究揭示了不同学段和性别青少年在亲社会行为上的异同，为研究青少年亲社会行为发展变化和性别比较提供证据。具体而言，不同学段的青少年在亲社会行为维度网络结构和题项网络结构上存在差异，而不同性别青少年在亲社会行为维度网络结构上不存在差异，仅在题项网络结构上存在微弱差异。鉴于遵规-公益性和利他性的核心地位，促进遵规-公益性和利他性亲社会行为可能是培养青少年亲社会行为的关键点。考虑到不同学段亲社会行为网络的差异，特别是遵规-公益性亲社会行为对于初中阶段的重要性，在初中开展集体性公益服务活动可能会取得更佳效果。

参考文献

Baber, M. A. (2016). Appropriate school starting age: A focus on the cognitive and social development of a child. *Journal of Education and Educational Development*, *3*(2), 277–287.

Batson, C. D., van Lange, P. A. M., Ahmad, N., & Lishner, D. A. (2003). Altruism and helping behavior. In M. A. Hogg, & J. Cooper (Eds.), *Sage handbook of social psychology* (pp. 279–295). Sage.

Blakemore, S.-J., & Mills, K. L. (2014). Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing? *Annual Review of Psychology*, *65*(1), 187–207.

Blanchard, M. A., & Heeren, A. (2020). Why we should move from reductionism and embrace a network approach to parental burnout. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, *2020*(174), 159–168.

Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., & Hwang, D.-U. (2006). Complex networks: Structure and dynamics. *Physics Reports*, *424*(4–5), 175–308.

Borsboom, D., & Cramer, A. O. J. (2013). Network analysis: An integrative approach to the structure of psychopathology. *Annual Review of Clinical Psychology*, *9*, 91–121.

Briganti, G., Kempenaers, C., Braun, S., Fried, E. I., & Linkowski, P. (2018). Network analysis of empathy items from the interpersonal reactivity index in 1973 young adults. *Psychiatry Research*, *265*, 87–92.

Buuren, S. van, & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). *mice*: Multivariate imputation by chained equations in *R*. *Journal of Statistical Software*, *45*(3), 1–67.

Caprara, G. V., Kanacri, B. P. L., Gerbino, M., Zuffianò, A., Alessandri, G., Vecchio, G., Caprara, E., Pastorelli, C., & Bridglall, B. (2014). Positive effects of promoting prosocial behavior in early adolescence. *International Journal of Behavioral Development*, *38*(4), 386–396.

Carlo, G. (2013). The development and correlates of prosocial moral behaviors. *Handbook of moral development* (2nd Ed.). Psychology Press.

Carlo, G., & Padilla-Walker, L. (2020). Adolescents' prosocial behaviors through a multidimensional and multicultural lens. *Child Development Perspectives*, *14*(4), 265–272.

Carlo, G., & Pierotti, S. L. (2020). The development of prosocial motives. In *Oxford handbook of moral development: An interdisciplinary perspective* (pp. 27–51). Oxford University Press.

Carlo, G., & Randall, B. A. (2002). The development of a measure of prosocial behaviors for late adolescents. *Journal of Youth and Adolescence*, *31*(1), 31–44.

Carlo, G., Mestre, M. V., McGinley, M. M., Tur-Porcar, A., Samper, P., & Opal, D. (2014). The protective role of prosocial behaviors on antisocial behaviors: The mediating effects of deviant peer affiliation. *Journal of Adolescence*, *37*(4), 359–366.

Carlo, G., Padilla-Walker, L. M., & Nielson, M. G. (2015). Longitudinal bidirectional relations between adolescents' sympathy and prosocial behavior. *Developmental Psychology*, *51*(12), 1771–1777.

Chen, X., Liu, M., Rubin, K. H., Cen, G., Gao, X., & Li, D. (2002). Sociability and prosocial orientation as predictors of youth adjustment: A seven-year longitudinal study in a Chinese sample. *International Journal of Behavioral Development*, *26*(2), 128–136.

Costantini, G., Epskamp, S., Borsboom, D., Perugini, M., Mõttus, R., Waldorp, L. J., & Cramer, A. O. J. (2015). State of the aRt personality research: A tutorial on network analysis of personality data in R. *Journal of Research in Personality*, *54*, 13–29.

Costantini, G., Richetin, J., Borsboom, D., Fried, E. I., Rhemtulla, M., & Perugini, M. (2015). Development of indirect measures of conscientiousness: Combining a facets approach and network analysis. *European Journal of Personality*, *29*(5), 548–567.

Cramer, A. O. J., Van Der Sluis, S., Noordhof, A., Wichers, M., Geschwind, N., Aggen, S. H., Kendler, K. S., & Borsboom, D. (2012). Dimensions of normal personality as networks in search of equilibrium: You can't like parties if you don't like people. *European Journal of Personality*, *26*(4), 414–431.

Dalege, J., Borsboom, D., van Harreveld, F., van den Berg, H., Conner, M., & van der Maas, H. L. J. (2016). Toward a formalized account of attitudes: The Causal Attitude Network (CAN) model. *Psychological Review*, *123*(1), 2–22.

Eagly, A. H. (2009). The his and hers of prosocial behavior: An examination of the social psychology of gender. *American Psychologist*, *64*(8), 644–658.

Eisenberg, N. (2000). Emotion, regulation, and moral development. *Annual Review of Psychology*, *51*(1), 665–697.

Eisenberg, N., Cumberland, A., Guthrie, I. K., Murphy, B. C., & Shepard, S. A. (2005). Age changes in prosocial responding and moral reasoning in adolescence and early adulthood. *Journal of Research on Adolescence*, *15*(3), 235–260.

Eisenberg, N., Fabes, R. A., & Spinrad, T. L. (2006). Prosocial development. *Handbook of child psychology: Social, emotional, and personality development, Vol. 3, 6th ed* (pp. 646–718). John Wiley & Sons Inc.

Epskamp, S., & Fried, E. I. (2018). A tutorial on regularized partial correlation networks. *Psychological Methods*, *23*(4), 617–634.

Epskamp, S., Borsboom, D., & Fried, E. I. (2018). Estimating psychological networks and their accuracy: A tutorial paper. *Behavior Research Methods*, *50*(1), 195–212.

Fabes, R. A., Carlo, G., Kupanoff, K., & Laible, D. (1999). Early adolescence and prosocial/moral behavior I: *The Journal of Early Adolescence*, *19*(1), 5–16.

Fagot, B. I., Rodgers, C. S., & Leinbach, M. D. (2000). Theories of gender socialization. *The developmental social psychology of gender* (pp. 65–89). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Fried, E. I., van Borkulo, C. D., Cramer, A. O. J., Boschloo, L., Schoevers, R. A., & Borsboom, D. (2017). Mental disorders as networks of problems: A review of recent insights. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, *52*(1), 1–10.

Funkhouser, C. J., Chacko, A. A., Correa, K. A., Kaiser, A. J. E., & Shankman, S. A. (2021). Unique longitudinal relationships between symptoms of psychopathology in youth: A cross-lagged panel network analysis in the ABCD study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *62*(2), 184–194.

Goldstein, S. E., Boxer, P., & Rudolph, E. (2015). Middle school transition stress: Links with academic performance, motivation, and school experiences. *Contemporary School Psychology*, *19*(1), 21–29.

Hart, D., & Carlo, G. (2005). Moral development in adolescence. *Journal of Research on Adolescence*, *15*(3), 223–233.

Hevey, D. (2018). Network analysis: A brief overview and tutorial. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, *6*(1), 301–328.

Kou, Y., & Lei, Wang. (2003). Review of research on children's prosocial behavior and its interventions. *Psychological Development and Education, 04*, 86–91.

[寇彧, 王磊. (2003). 儿童亲社会行为及其干预研究述评. *心理发展与教育, 04*, 86–91.]

Kou, Y., & Zhang, Q. (2006). Conceptual representation of early adolescents' prosocial behavior. *Sociological Studies*, *05*, 169–187.

[寇彧，张庆鹏. (2006). 青少年亲社会行为的概念表征研究. *社会学研究, 05,* 169–187.]

Liang, Y., Zheng, H., & Liu, Z. (2020). Changes in the network of posttraumatic stress disorder among children after the Wenchuan earthquake: A four-year longitudinal study. *Acta Psychologica Sinica*, *52*(11), 1301–1312.

[梁一鸣，郑昊，刘正奎. (2020). 震后儿童创伤后应激障碍的症状网络演化. *心理学报, 52*(11), 1301–1312.]

Liu, S., Zhang, D., Tian, Y., Xu, B., & Wu, X. (2023). Gender differences in symptom structure of adolescent problematic internet use: A network analysis. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, *17*(1), 49.

Luengo Kanacri, B. P., Pastorelli, C., Eisenberg, N., Zuffianò, A., & Caprara, G. V. (2013). The development of prosociality from adolescence to early adulthood: The role of effortful control. *Journal of Personality*, *81*(3), 302–312.

Marchetti, I. (2019). Hopelessness: A network analysis. *Cognitive Therapy and Research*, *43*(3), 611–619.

Marcus, D. K., Preszler, J., & Zeigler-Hill, V. (2018). A network of dark personality traits: What lies at the heart of darkness? *Journal of Research in Personality*, *73*, 56–62.

McNally, R. J. (2016). Can network analysis transform psychopathology? *Behaviour Research and Therapy*, *86*, 95–104.

Mesurado, B., Guerra, P., Richaud, M. C., & Rodriguez, L. M. (2019). Effectiveness of prosocial behavior interventions: A meta-analysis. In P. Á. Gargiulo & H. L. Mesones Arroyo (Eds.), *Psychiatry and neuroscience update: From translational research to a humanistic approach, Vol. 3* (pp. 259–271). Springer International Publishing.

Opic, S. (2016). Interpersonal relations in school. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, *4*(2), 9–21.

Padilla-Walker, L. M., & Carlo, G. (2014). *Prosocial development: A multidimensional approach*. Oxford University Press.

Robinaugh, D. J., Millner, A. J., & McNally, R. J. (2016). Identifying highly influential nodes in the complicated grief network. *Journal of Abnormal Psychology*, *125*(6), 747–757.

Rose, A. J., & Rudolph, K. D. (2006). A review of sex differences in peer relationship processes: Potential trade-offs for the emotional and behavioral development of girls and boys. *Psychological Bulletin*, *132*(1), 98–131.

Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(2), 69–74.

van Borkulo, C. D., Borsboom, D., Epskamp, S., Blanken, T. F., Boschloo, L., Schoevers, R. A., & Waldorp, L. J. (2014). A new method for constructing networks from binary data. *Scientific Reports*, *4*(1), 5918.

van Borkulo, C. D., van Bork, R., Boschloo, L., Kossakowski, J. J., Tio, P., Schoevers, R. A., Borsboom, D., & Waldorp, L. J. (2022). Comparing network structures on three aspects: A permutation test. *Psychological Methods*.

van Borkulo, C. D., Boschloo, L., Borsboom, D., Penninx, B. W. J. H., Waldorp, L. J., & Schoevers, R. A. (2015). Association of symptom network structure with the course of depression. *JAMA Psychiatry*, *72*(12), 1219.

Wentzel, K. R. (1993). Does being good make the grade? Social behavior and academic competence in middle school. *Journal of Educational Psychology*, *85*(2), 357–364.

Wentzel, K. R., Filisetti, L., & Looney, L. (2007). Adolescent prosocial behavior: The role of self-processes and contextual cues. *Child Development*, *78*(3), 895–910.

Yang, Y., Kong, X., Guo, Z., & Kou, Y. (2021). Can self-compassion promote gratitude and prosocial behavior in adolescents? A 3-year longitudinal study from China. *Mindfulness*, *12*(6), 1377–1386.

Yang, Y., Zhang, M., & Kou, Y. (2016). The revalidation and development of the prosocial behavior scale for adolescent. *Chinese Social Psychological Review*, *10*, 135–150.

[杨莹，张梦圆，寇彧. (2016). 青少年亲社会行为量表的编制与维度的再验证. *中国社会心理学评论*, *10*, 135–150.]

Zhang, Q. (2012). *The dimensions of measurement and mechanism of prosocial behavior from a perspective of conceptual representation* (Unpublished doctorial dissertation). Beijing Normal University.

[张庆鹏.(2012). *概念表征视角下亲社会行为的测评维度和机制研究* (博士学位论文). 北京师范大学.]

Zhang, Q., & Kou, Y. (2011). The dimension of measurement on prosocial behavior: exploration and confirmation. *Sociological Studies*, *11*, 105–121.

[张庆鹏，寇彧. (2011). 青少年亲社会行为测评维度的建立与验证. *社会学研究, 11,* 105–121.]

Zhang, M., Yang, Y., & Kou, Y. (2015). The adolescents' prosocial behavior and its development. *Youth Studies*, *04*, 10–18.

[张梦圆, 杨莹, 寇彧. (2015). 青少年的亲社会行为及其发展. *青年研究*, *04*, 10–18.]

Network analysis and core dimensions of adolescent prosocial behavior

LIN Jing[1], XU Boya[2], YANG Ying[3], ZHANG Qing-peng[4], KOU Yu[1]

([1] *Beijing Key Laboratory of Applied Experimental Psychology, National Demonstration Center for Experimental Psychology Education (Beijing Normal University), Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*) ([2] *Beijing Key Laboratory of Applied Experimental Psychology, National Demonstration Center for Experimental Psychology Education (Beijing Normal University), Faculty of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*) ([3] *Shanghai Key Laboratory of Mental Health and Psychological Crisis Intervention, School of Psychology and Cognitive Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China*) ([4] *Department of Sociology, School of Public Administration, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China*)

Abstract

Previous studies have discovered that the concept of prosocial behavior among adolescents is composed of four dimensions: commonweal-social rule, altruism, relationship, and personal trait. Utilizing this four-dimensional structure, the Prosocial Behavior Scale for Adolescents (PBSA) measurements revealed gender and grade-level differences in the importance attributed to each dimension. Furthermore, numerous prior studies on the development of adolescent prosocial behavior have yielded inconsistent results. In this study, we employed a network analysis approach to explore the network of adolescent prosocial behavior, uncovering the relationships among different dimensions and individual questionnaire items, revealing its core dimensions, and shedding light on differences across gender and grade.

Conducted in 2017, this study included 9,160 students from 15 schools spanning eight provinces or municipalities, namely Beijing, Fujian, Henan, Jiangsu, Shandong, Shaanxi, Sichuan, and Chongqing, with ages ranging from 10 to 17 and covering elementary, middle, and high school students. We utilized the PBSA, consisting of 15 items based on the four-dimensional concept, to assess and analyze the network of adolescent prosocial behavior. The network analysis process followed the standardization guidelines published by Epskamp et al, utilizing *qgraph* in the R programming for network estimation and computation of centrality indices. Finally, we performed comparisons of dimension networks and item networks across different genders and grades.

In the overall network of adolescent prosocial behavior, as well as in the grade- and gender-based networks, the commonweal-social rule dimension consistently exhibited the highest centrality, followed by altruism, relationship, and traits dimensions. Compared to the prosocial behavior network in females, the male prosocial behavior network showed higher centrality in the commonweal-social rule and relationship

dimensions, occupying more central positions within the network. When comparing prosocial behavior networks across different grades, the commonweal-social rule dimension occupied the most central position in all grades. Moreover, its centrality was highest in the middle school group. The centrality of the altruism dimension was highest in the high school group, while the relationship and personal trait dimensions held the highest centrality in the elementary school group. As for the network structure, no differences were found in the gender-based dimension networks. However, differences were identified in the grade-based dimension networks, with high school students exhibiting significantly weaker network strength than middle and elementary school students. Similarly, no notable differences were observed in the item networks based on gender, but differences were found in the item networks based on grade.

Taken together, the current study has found that, in the overall sample as well as among different genders and grades, the commonweal-social rule consistently serves as a core dimension within the network structure of prosocial behavior. There were significant grade differences in both dimension networks and item prosocial behavior networks, along with subtle gender differences in item networks. These results provide a new perspective for deepening our understanding of adolescent prosocial behavior and expanding the research domain of prosocial behavior. These findings suggest that future interventions targeting the commonweal-social rule and altruism dimensions could potentially boost overall prosocial behavior in adolescents. The middle school stage may be a critical period for promoting commonweal-social rule prosocial behavior.

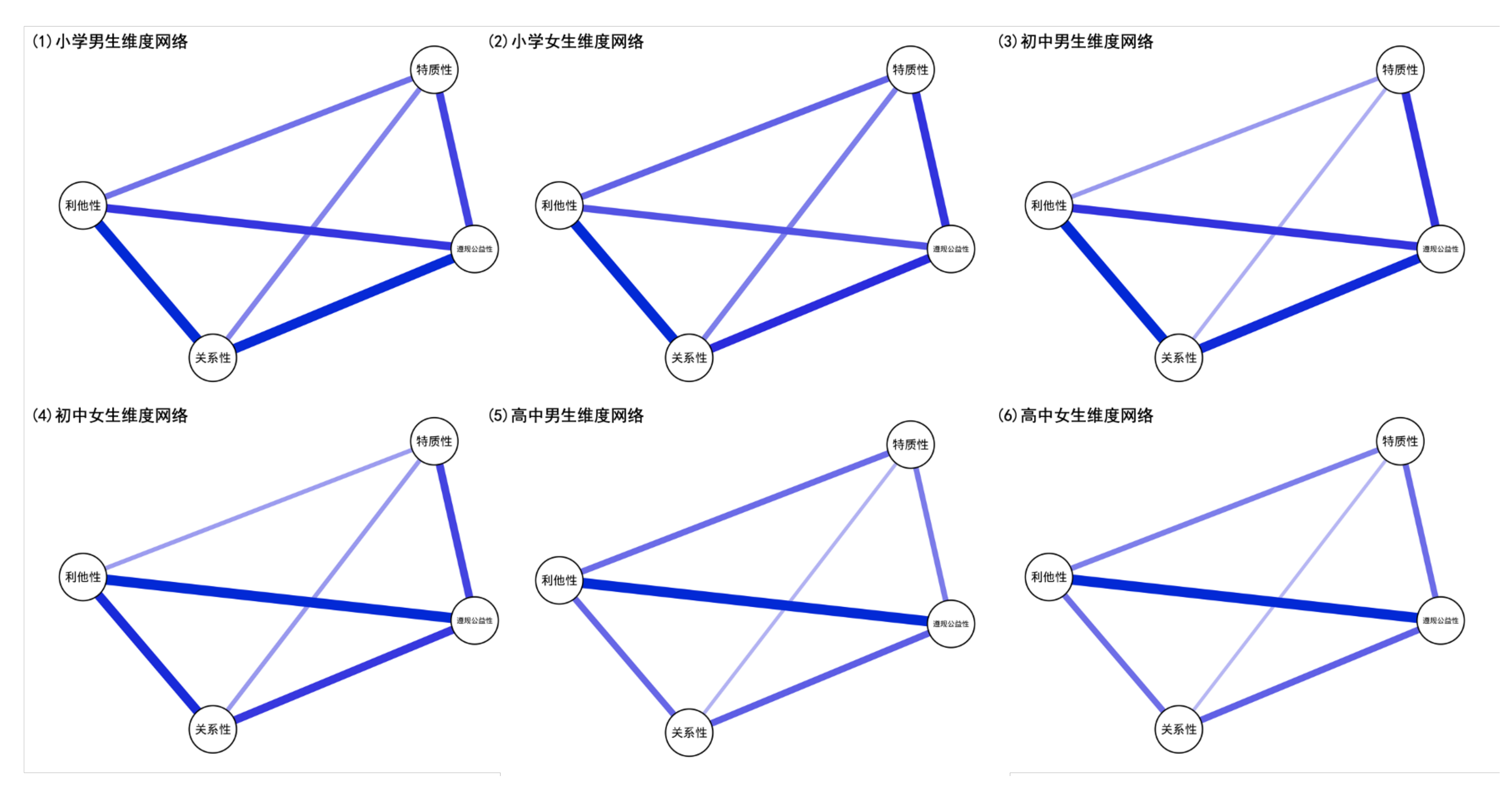
Keywords prosocial behavior, adolescent, network analysis, network comparison, core dimension

补充材料

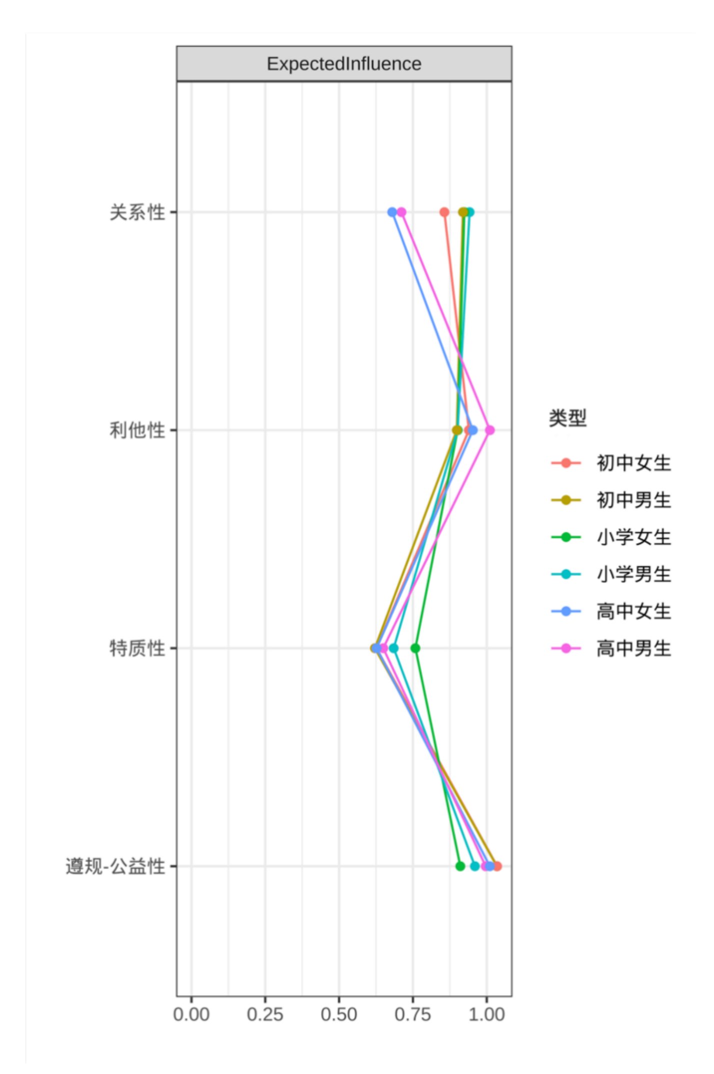
青少年亲社会行为的网络分析及核心维度

补充分析：不同学段的性别网络比较分析

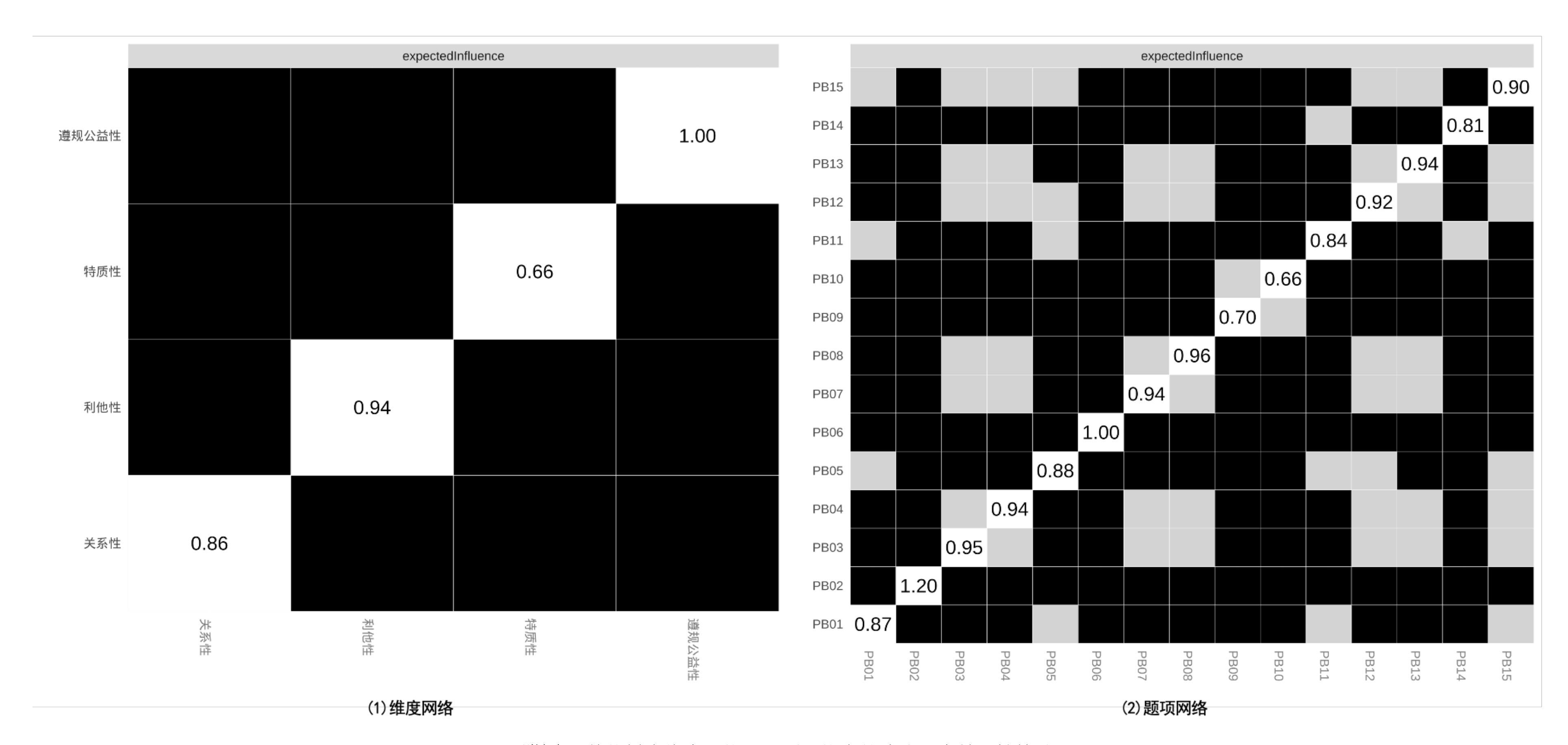
为了探索亲社会行为不同学段的性别维度网络结构差异，本研究分别对小学高年级、初中和高中三个学段的男生和女生亲社会行为的维度网络进行了网络估计。通过性别学段维度网络的边权自举结果及中心性指标的稳定性估计结果可以知，性别学段维度网络具有较好的稳定性。小学男生网络的 CS 系数为 0.75；小学女生网络的 CS 系数为 0.67；初中男生网络的 CS 系数为 0.517；初中女生网络的 CS 系数为 0.75；高中男生网络的 CS 系数为 0.75；高中女生网络的 CS 系数为 0.75，表明整体研究结果较为可靠。采用三项测试分别对同一学段男生维度网络和女生维度网络进行比较：网络结构不变性检验显示相同学段的性别维度网络之间不存在显著差异($p_{小学} = 0.81$; $p_{中学} = 0.27$; $p_{高中} = 0.88$)。整体强度不变性显示相同学段的性别网络之间不存在显著差异($p_{小学} = 0.84$; $p_{中学} = 0.84$; $p_{高中} = 0.84$)。边缘不变性检验结果显示，在相同学段的性别网络中所有边缘之间均无显著差异。



附图 1 不同性别不同学段维度网络可视化，小学男生维度网络(左上)，小学女生维度网络(中上)，初中男生维度网络(右上)，初中女生维度网络(左下)，高中男生维度网络(中下)，高中女生维度网络(右下)。每一个节点代表一种亲社会维度，连接两个节点的边代表两个节点之间的偏相关性，边的粗细表示偏相关性的强度。边缘越粗表示偏相关性越强，边缘越细表示偏相关性越弱。蓝色边代表正相关；红色边代表负相关。



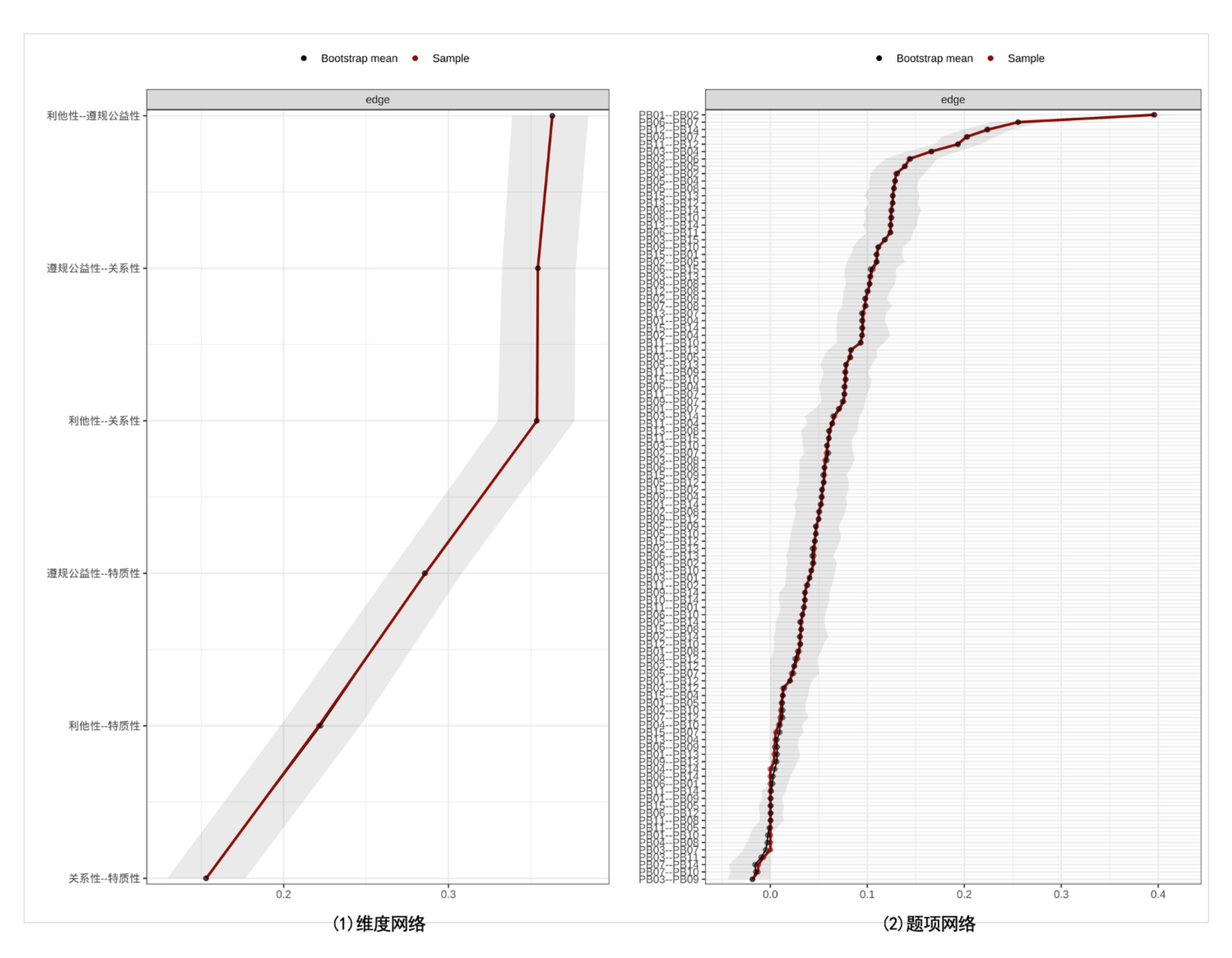
附图 2 不同性别不同学段维度网络中心性，蓝绿色线段代表小学男生，绿色线段代表小学女生，黄色线段代表初中男生，红色线段代表初中女生，玫红色线段代表高中男生，蓝色线段代表高中女生。



(1) 维度网络　　(2) 题项网络

附图 3 整体样本维度网络和题项网络中的边缘强度差异性检验

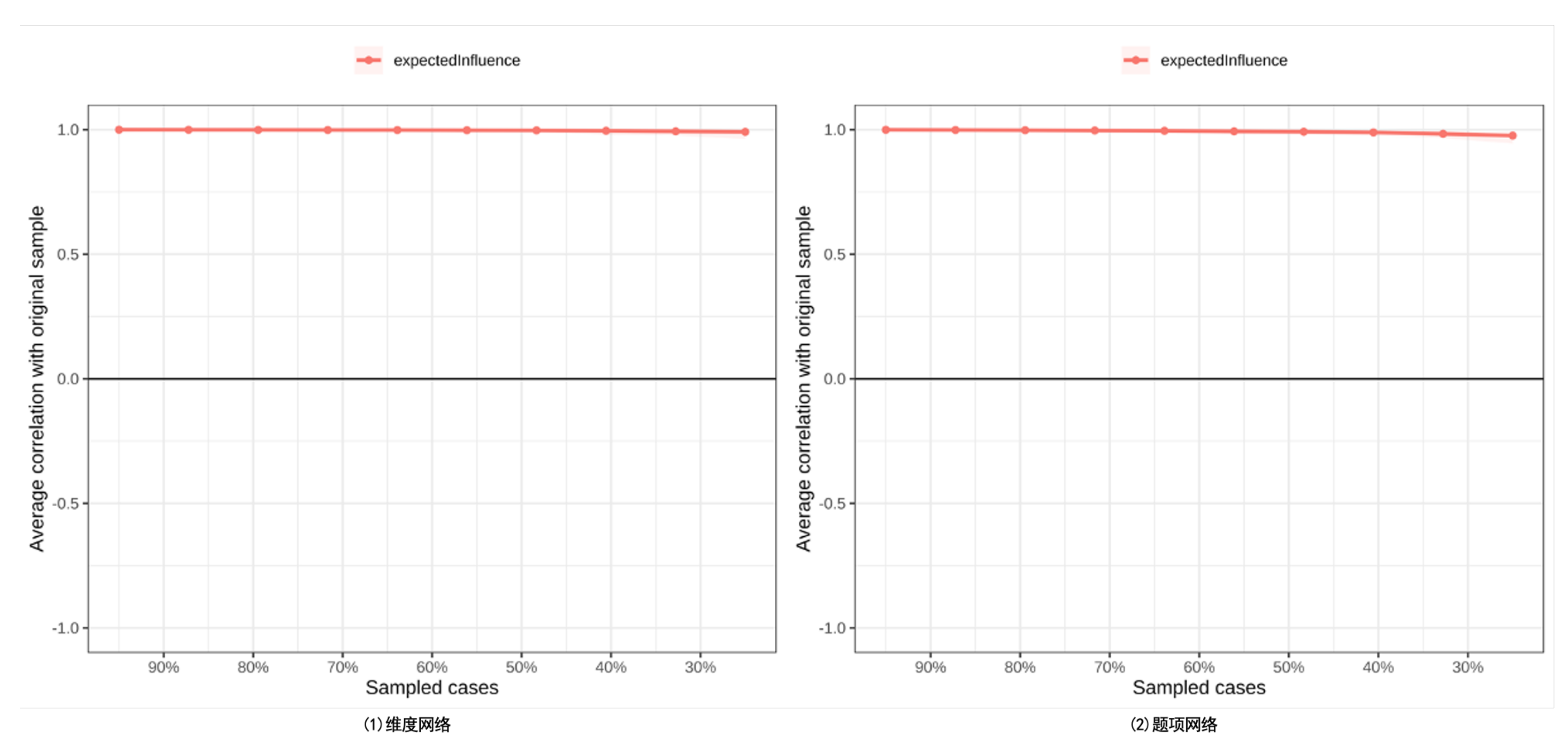
注：黑框代表两个节点间存在显著差异，灰框代表两个节点间不存在显著差异。



(1) 维度网络　　　　(2) 题项网络

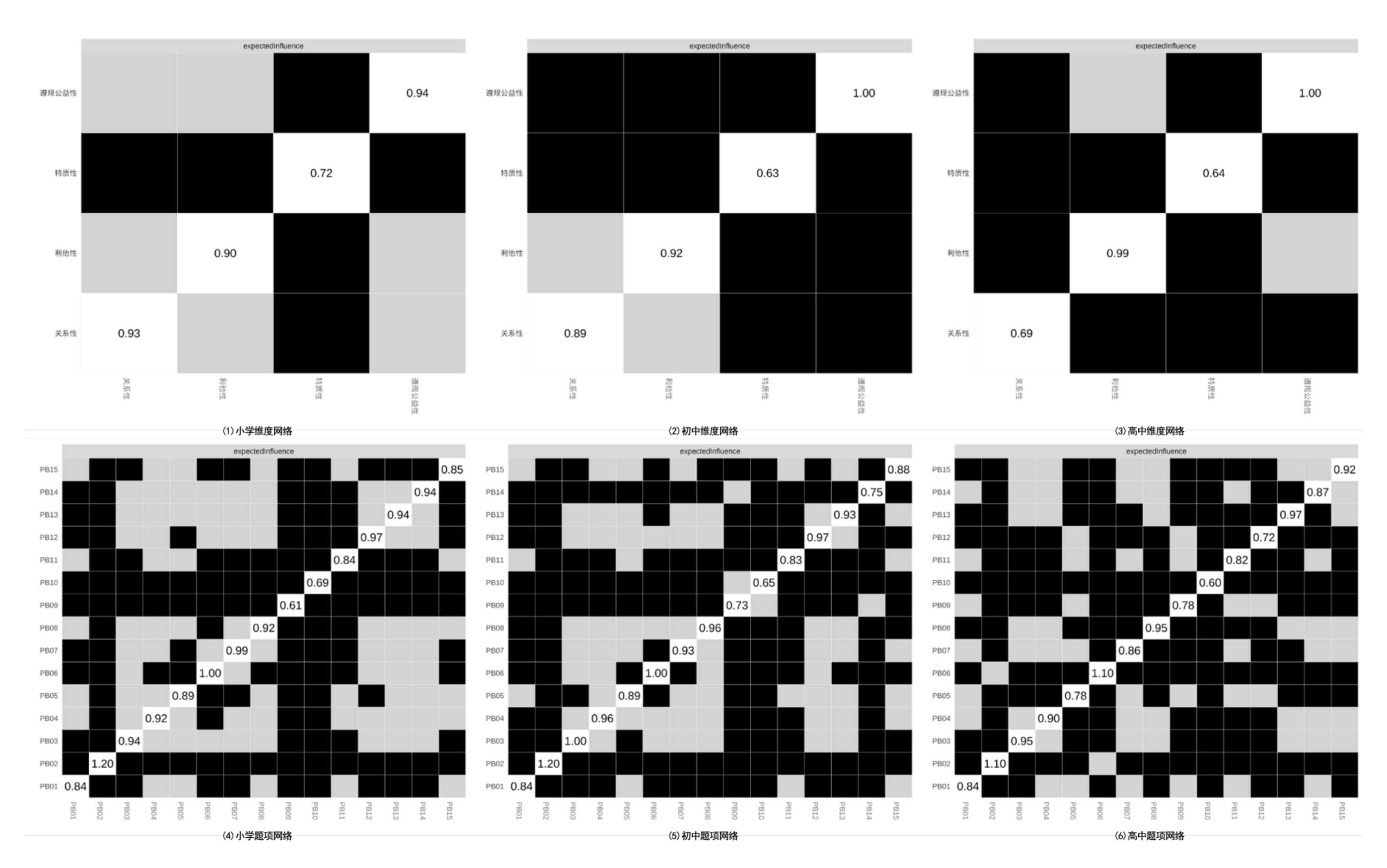
附图 4 整体样本维度网络和题项网络中的边缘权重的自举置信区间

注：红线代表边缘权重值，灰色区域代表 95%置信区间。



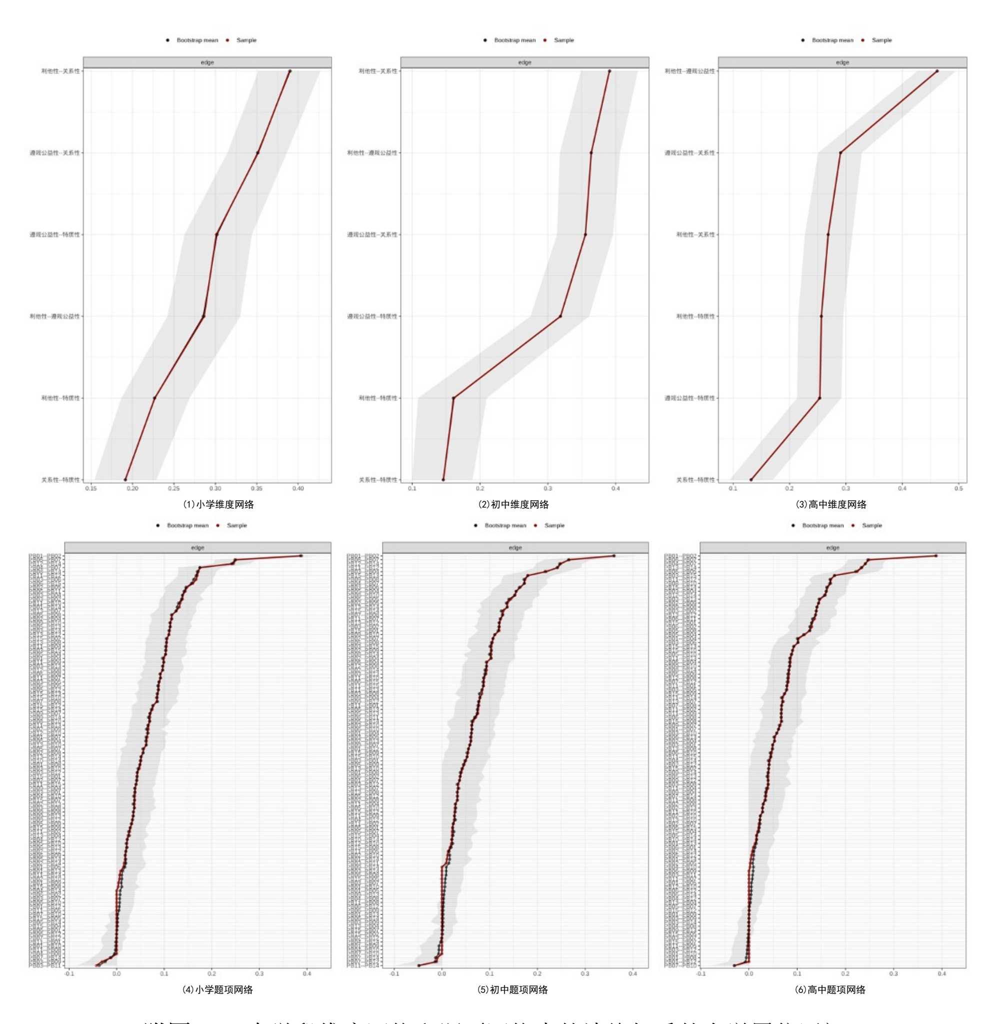
(1) 维度网络　　　　(2) 题项网络

附图 5 整体样本维度网络和题项网络子集自举结果



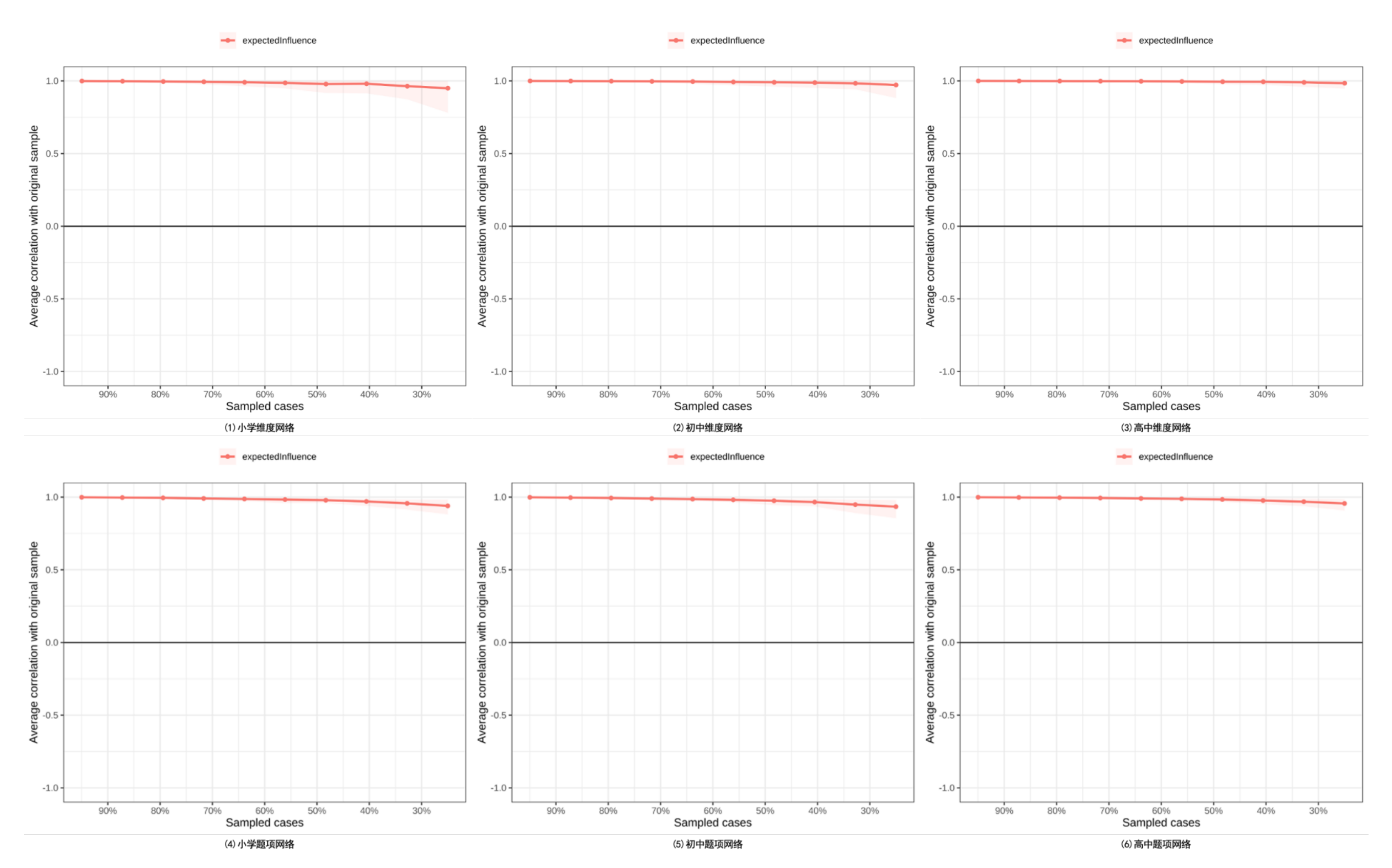
附图 6 三个学段维度网络和题项网络中的边缘强度差异性检验

注：黑框代表两个节点间存在显著差异，灰框代表两个节点间不存在显著差异。

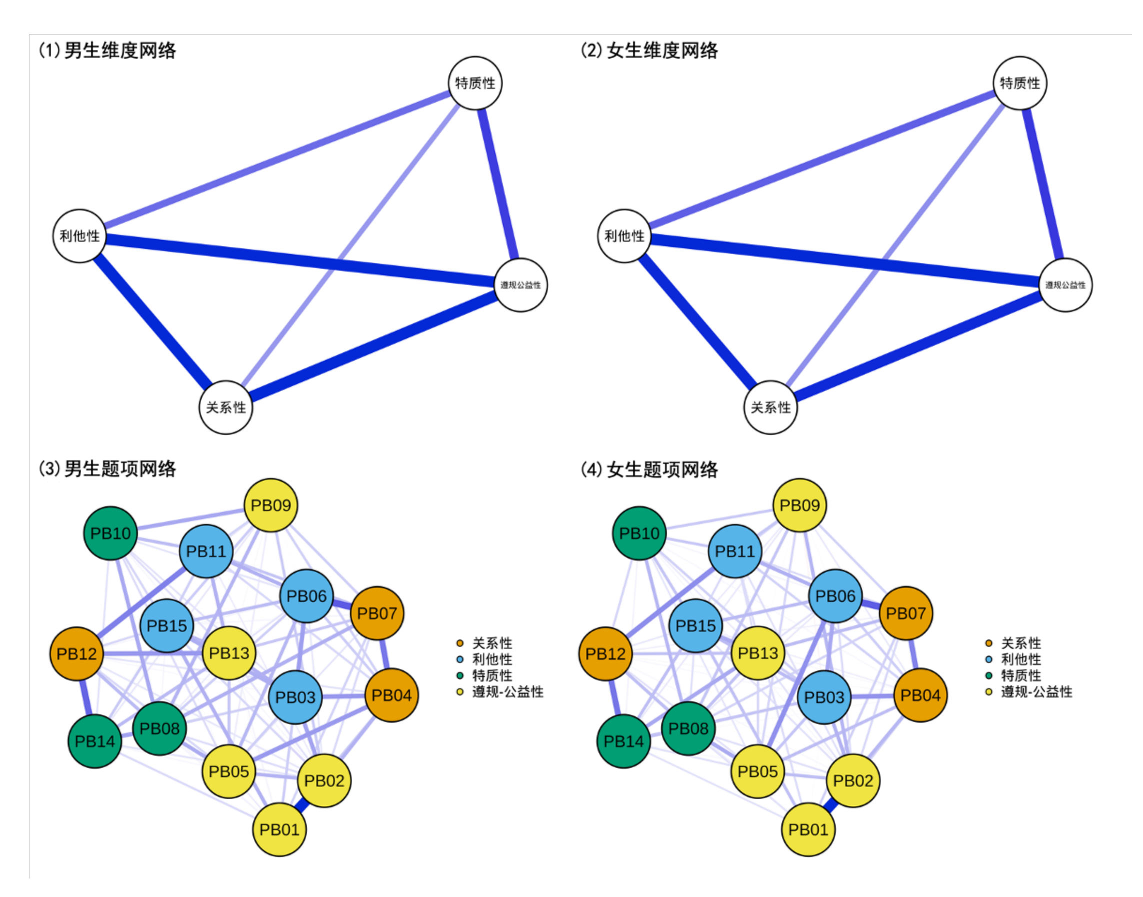


附图 7 三个学段维度网络和题项网络中的边缘权重的自举置信区间

注：红线代表边缘权重值，灰色区域代表 95%置信区间。

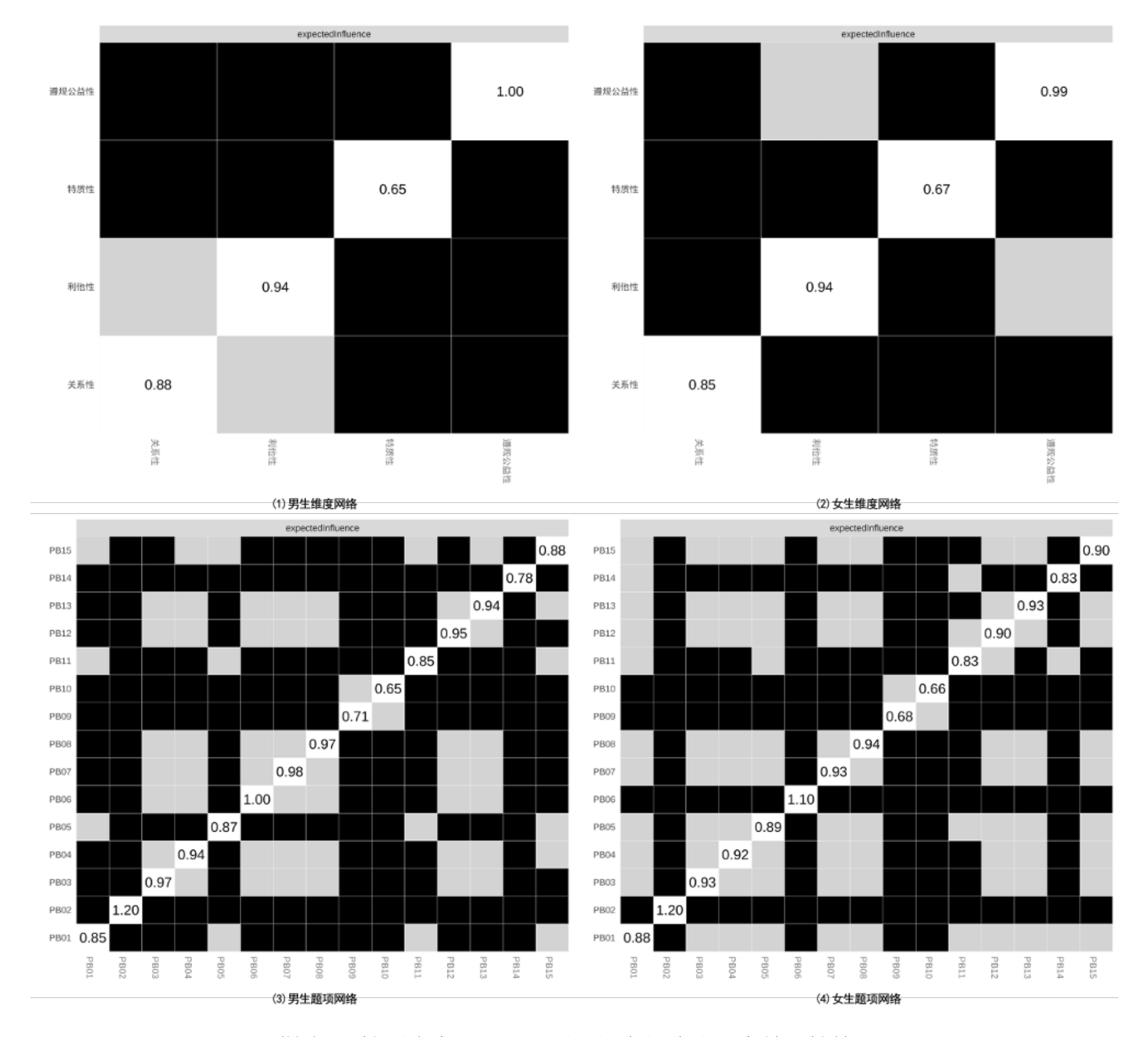


附图 8 三个学段维度网络和题项网络子集自举结果



附图 9 性别维度网络和题项网络可视化

注：每一个节点代表一种亲社会维度/题项。连接两个节点的边代表两个节点之间的偏相关性，边的粗细表示偏相关性的强度。边缘越粗表示偏相关性越强，边缘越细表示偏相关性越弱。蓝色边代表正相关，红色边代表负相关。

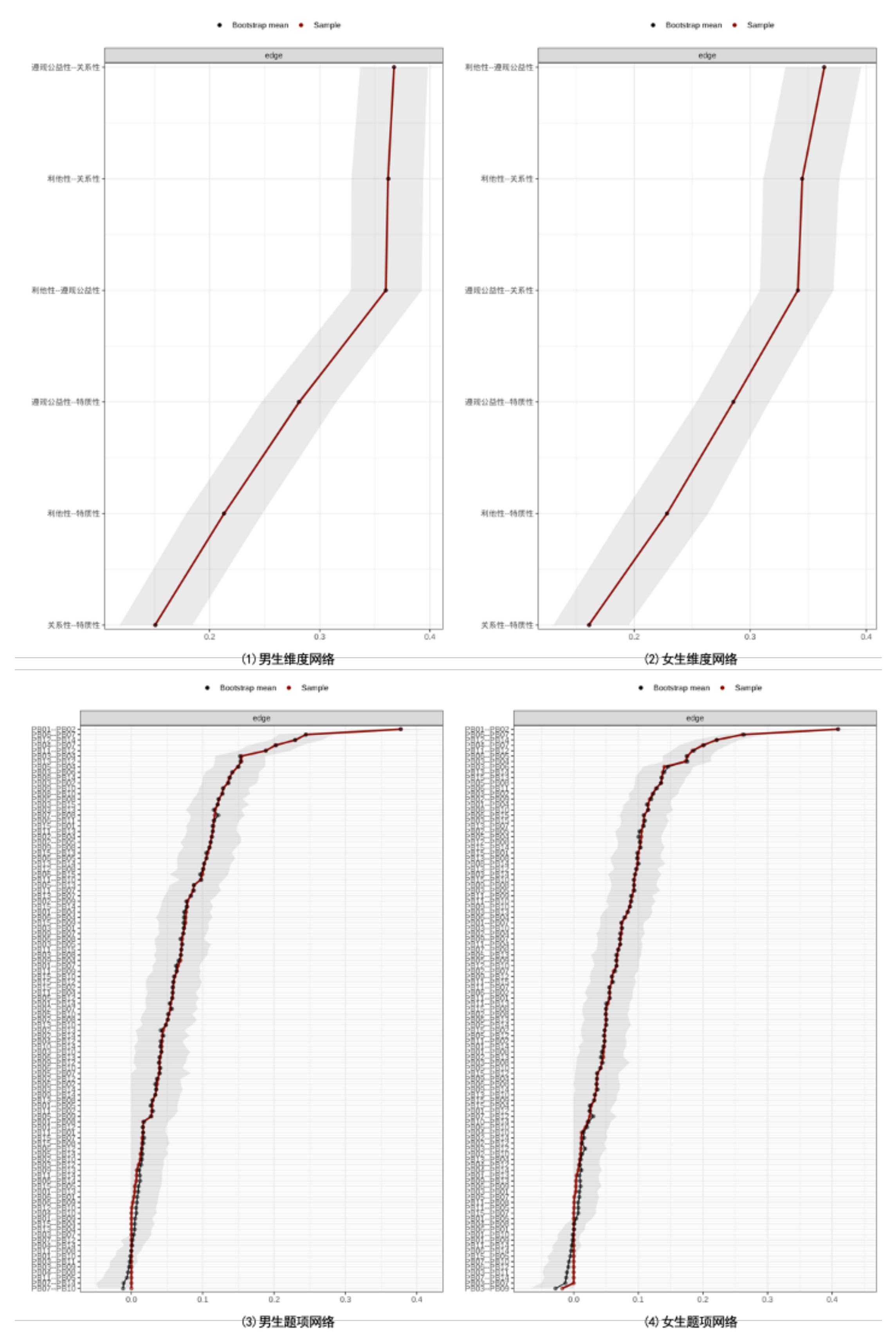


(1) 男生维度网络　(2) 女生维度网络

(3) 男生题项网络　(4) 女生题项网络

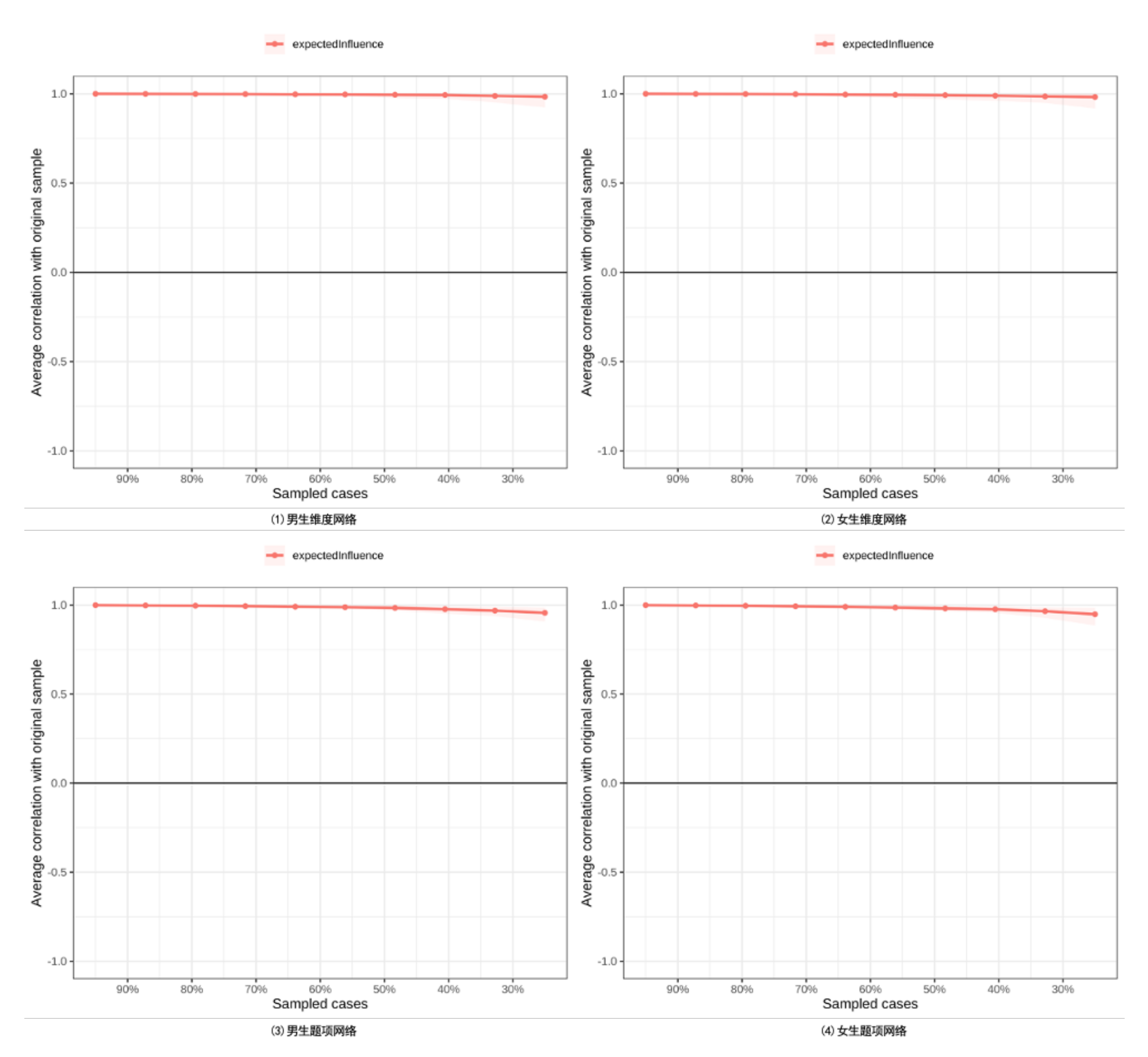
附图 10 性别维度网络和题项网络中的边缘强度差异性检验

注：黑框代表两个节点间存在显著差异，灰框代表两个节点间不存在显著差异。



附图 11 性别维度网络和题项网络中的边缘权重的自举置信区间

注：红线代表边缘权重值，灰色区域代表 95%置信区间。



附图 12 性别维度网络和题项网络子集自举结果

附表 1 六个维度网络中的连线值与差异性检验结果

维度网络	整体样本	男生	女生	小学	中学	高中	男生 vs 女生 (*p* value)	小学 vs 初中 (*p* value)	初中 vs 高中 (*p* value)	小学 vs 高中 (*p* value)
遵规公益性-利他性	0.363	0.36	0.364	0.286	0.364	0.462	0.866	0.005	< 0.001	< 0.001
关系性-利他性	0.354	0.362	0.345	0.39	0.391	0.269	0.463	0.967	< 0.001	< 0.001
特质性-利他性	0.221	0.213	0.228	0.227	0.161	0.256	0.587	0.052	0.003	0.347
关系性-遵规公益性	0.354	0.367	0.341	0.352	0.355	0.29	0.254	0.902	0.032	0.023
特质性-遵规公益性	0.286	0.282	0.286	0.301	0.319	0.254	0.871	0.557	0.034	0.096
特质性-关系性	0.153	0.15	0.161	0.191	0.146	0.132	0.668	0.143	0.662	0.041

附表 2 六个题项网络中的连线值与差异性检验结果

题项网络	整体样本	男生	女生	小学	中学	高中	男生 vs 女生 (*p* value)	小学 vs 初中 (*p* value)	初中 vs 高中 (*p* value)	小学 vs 高中 (*p* value)
PB01-PB02	0.396	0.378	0.409	0.389	0.361	0.388	0.191	0.379	0.380	0.986
PB01-PB04	0.095	0.077	0.115	0.099	0.062	0.103	0.123	0.233	0.199	0.902
PB01-PB05	0.011	0.029	0.000	0.014	0.000	0.000	0.172	0.650	1	0.627
PB01-PB07	0.071	0.065	0.074	0.064	0.037	0.061	0.713	0.363	0.416	0.920
PB01-PB08	0.030	0.017	0.046	0.049	0.041	0.000	0.237	0.781	0.008	0.075
PB01-PB09	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	1	0.232	1	0.865
PB01-PB10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1	1	1	1
PB01-PB12	0.020	0.016	0.025	0.000	0.056	0.000	0.756	0.065	0.006	1
PB01-PB13	0.004	0.005	0.004	0.008	0.000	0.013	0.988	0.478	0.441	0.867
PB01-PB14	0.052	0.055	0.047	0.132	0.010	0.004	0.769	< 0.001	0.863	< 0.001
PB02-PB04	0.095	0.112	0.074	0.115	0.103	0.053	0.152	0.708	0.131	0.048
PB02-PB05	0.110	0.111	0.105	0.148	0.137	0.003	0.812	0.786	< 0.001	< 0.001
PB02-PB07	0.058	0.055	0.062	0.043	0.107	0.021	0.785	0.047	0.015	0.485
PB02-PB08	0.050	0.051	0.050	0.056	0.032	0.029	0.972	0.481	0.934	0.412
PB02-PB09	0.098	0.078	0.118	0.066	0.103	0.145	0.085	0.175	0.173	0.002
PB02-PB10	0.011	0.013	0.011	0.006	0.012	0.023	0.915	0.835	0.697	0.443
PB02-PB12	0.025	0.037	0.012	0.020	0.000	0.041	0.323	0.259	0.125	0.409
PB02-PB13	0.045	0.044	0.046	0.037	0.061	0.028	0.963	0.472	0.318	0.780
PB02-PB14	0.031	0.043	0.012	0.016	0.093	0.007	0.271	0.029	0.013	0.555
PB03-PB01	0.040	0.074	0.003	0.039	0.050	0.049	0.006	0.739	0.985	0.703
PB03-PB02	0.130	0.135	0.122	0.138	0.120	0.140	0.598	0.594	0.596	0.969
PB03-PB04	0.166	0.154	0.173	0.139	0.218	0.161	0.461	0.013	0.059	0.497

PB03-PB05	0.082	0.071	0.092	0.089	0.061	0.079	0.441	0.411	0.640	0.754
PB03-PB06	0.143	0.142	0.140	0.167	0.164	0.102	0.951	0.930	0.073	0.068
PB03-PB07	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1	1	1	1
PB03-PB08	0.056	0.069	0.043	0.037	0.084	0.039	0.378	0.176	0.189	0.949
PB03-PB09	-0.018	0.000	-0.018	-0.031	0.000	0.000	0.500	0.136	1	0.305
PB03-PB10	0.059	0.042	0.074	0.048	0.063	0.058	0.243	0.633	0.898	0.734
PB03-PB11	-0.007	0.000	0.000	-0.043	0.009	0.000	1	0.01	0.479	0.048
PB03-PB12	0.013	0.010	0.011	0.044	0.034	0.000	0.966	0.763	0.021	0.007
PB03-PB13	0.103	0.117	0.083	0.097	0.092	0.147	0.186	0.869	0.102	0.115
PB03-PB14	0.066	0.035	0.095	0.111	0.000	0.000	0.039	< 0.001	1	0.001
PB03-PB15	0.118	0.121	0.109	0.104	0.103	0.177	0.660	0.992	0.035	0.028
PB04-PB07	0.202	0.202	0.200	0.175	0.173	0.241	0.946	0.953	0.041	0.036
PB04-PB08	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1	1	1	1
PB04-PB10	0.009	0.000	0.012	0.038	0.000	0.002	0.602	0.089	0.146	0.223
PB04-PB12	0.028	0.043	0.008	0.022	0.025	0.000	0.150	0.919	0.406	0.456
PB04-PB14	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.043	0.501	1	0.004	0.023
PB05-PB04	0.129	0.149	0.105	0.103	0.156	0.115	0.092	0.109	0.196	0.704
PB05-PB07	0.022	0.039	0.001	0.057	0.021	0.000	0.185	0.332	0.072	0.057
PB05-PB08	0.127	0.123	0.135	0.116	0.106	0.125	0.641	0.756	0.52	0.765
PB05-PB09	0.047	0.028	0.067	0.032	0.047	0.083	0.117	0.598	0.267	0.059
PB05-PB10	0.047	0.052	0.042	0.021	0.027	0.089	0.708	0.851	0.044	0.033
PB05-PB12	0.055	0.057	0.048	0.088	0.033	0.005	0.716	0.08	0.396	0.010
PB05-PB13	0.078	0.088	0.067	0.113	0.075	0.040	0.451	0.292	0.262	0.028
PB05-PB14	0.032	0.013	0.050	0.018	0.065	0.016	0.173	0.152	0.160	0.930
PB06-PB01	0.000	0.003	0.000	0.000	0.022	0.009	0.481	0.059	0.698	0.135

PB06-PB02	0.045	0.036	0.056	0.000	0.038	0.130	0.450	0.148	0.005	< 0.001
PB06-PB04	0.077	0.076	0.080	0.063	0.094	0.086	0.906	0.392	0.823	0.476
PB06-PB05	0.139	0.105	0.176	0.088	0.144	0.224	0.011	0.095	0.028	< 0.001
PB06-PB07	0.256	0.244	0.261	0.250	0.266	0.249	0.537	0.626	0.593	0.951
PB06-PB08	0.056	0.071	0.036	0.092	0.000	0.067	0.19	0.003	0.025	0.443
PB06-PB09	0.004	0.002	0.003	0.018	0.000	0.000	0.957	0.365	1	0.528
PB06-PB10	0.033	0.039	0.018	0.000	0.062	0.047	0.360	0.014	0.615	0.043
PB06-PB11	0.124	0.115	0.127	0.144	0.071	0.136	0.594	0.024	0.027	0.769
PB06-PB12	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	1	1	1
PB06-PB13	0.045	0.040	0.050	0.021	0.076	0.053	0.716	0.089	0.480	0.295
PB06-PB14	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.264	1	1	1
PB06-PB15	0.106	0.100	0.109	0.160	0.088	0.020	0.739	0.029	0.044	< 0.001
PB07-PB08	0.098	0.117	0.068	0.084	0.128	0.067	0.052	0.165	0.063	0.564
PB07-PB10	-0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.030	1	1	0.427	0.133
PB07-PB12	0.010	0.000	0.025	0.000	-0.011	0.082	0.232	0.188	< 0.001	0.002
PB07-PB14	-0.012	0.000	0.000	-0.012	-0.010	0.035	1	0.808	0.013	0.011
PB08-PB10	0.124	0.127	0.115	0.070	0.153	0.169	0.66	0.026	0.590	0.002
PB08-PB14	0.124	0.137	0.099	0.172	0.103	0.083	0.202	0.056	0.629	0.006
PB09-PB04	0.053	0.069	0.036	0.039	0.080	0.036	0.181	0.185	0.132	0.921
PB09-PB07	0.076	0.073	0.072	0.071	0.059	0.065	0.987	0.674	0.842	0.851
PB09-PB08	0.102	0.110	0.093	0.035	0.174	0.141	0.489	< 0.001	0.293	< 0.001
PB09-PB10	0.111	0.129	0.087	0.113	0.111	0.085	0.078	0.947	0.378	0.342
PB09-PB12	0.050	0.039	0.059	0.033	0.078	0.040	0.407	0.144	0.220	0.810
PB09-PB13	0.004	0.008	0.004	0.035	0.000	0.000	0.873	0.156	1	0.073
PB09-PB14	0.036	0.034	0.035	0.070	0.000	0.040	0.950	0.015	0.084	0.323

PB10-PB14	0.035	0.042	0.021	0.051	0.021	0.015	0.428	0.349	0.848	0.252
PB11-PB01	0.035	0.016	0.056	0.000	0.077	0.079	0.096	< 0.001	0.953	< 0.001
PB11-PB02	0.037	0.029	0.048	0.027	0.024	0.067	0.446	0.911	0.152	0.160
PB11-PB04	0.064	0.058	0.072	0.105	0.029	0.039	0.570	0.023	0.72	0.033
PB11-PB05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.169	0.182	0.063	1
PB11-PB07	0.076	0.086	0.056	0.092	0.123	0.000	0.237	0.318	< 0.001	0.002
PB11-PB08	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.033	0.286	1	0.170	0.009
PB11-PB09	0.078	0.064	0.090	0.099	0.026	0.067	0.288	0.020	0.211	0.298
PB11-PB10	0.093	0.097	0.088	0.133	0.088	0.028	0.721	0.140	0.045	< 0.001
PB11-PB12	0.193	0.188	0.184	0.169	0.242	0.169	0.876	0.021	0.020	0.995
PB11-PB13	0.083	0.114	0.053	0.067	0.084	0.086	0.011	0.583	0.949	0.535
PB11-PB14	0.000	0.007	0.000	0.006	-0.049	0.070	0.132	0.003	< 0.001	0.005
PB11-PB15	0.060	0.070	0.059	0.041	0.087	0.046	0.647	0.147	0.212	0.871
PB12-PB08	0.101	0.101	0.104	0.096	0.094	0.082	0.917	0.933	0.728	0.660
PB12-PB10	0.031	0.000	0.066	0.065	0.020	0.000	0.006	0.183	0.431	0.031
PB12-PB14	0.225	0.230	0.221	0.245	0.249	0.158	0.736	0.902	0.012	0.005
PB13-PB04	0.005	0.000	0.010	0.024	0.000	0.000	0.666	0.315	1	0.388
PB13-PB07	0.096	0.083	0.107	0.125	0.033	0.069	0.316	0.005	0.197	0.067
PB13-PB08	0.061	0.030	0.099	0.105	0.033	0.048	0.010	0.045	0.645	0.077
PB13-PB10	0.042	0.048	0.033	0.062	0.043	0.023	0.582	0.552	0.525	0.163
PB13-PB12	0.126	0.154	0.097	0.110	0.120	0.138	0.031	0.746	0.543	0.367
PB13-PB14	0.124	0.102	0.138	0.051	0.137	0.234	0.194	0.010	0.007	< 0.001
PB15-PB01	0.110	0.115	0.100	0.043	0.120	0.130	0.557	0.017	0.749	0.003
PB15-PB02	0.053	0.059	0.048	0.106	0.000	0.041	0.691	0.002	0.086	0.045
PB15-PB04	0.013	0.000	0.027	0.000	0.021	0.018	0.247	0.248	0.922	0.495

PB15-PB05	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.185	1	1	1
PB15-PB07	0.006	0.015	0.000	0.038	0.000	0.000	0.439	0.110	1	0.163
PB15-PB08	0.032	0.015	0.050	0.003	0.017	0.067	0.219	0.684	0.155	0.050
PB15-PB09	0.056	0.076	0.032	0.029	0.055	0.074	0.068	0.352	0.548	0.114
PB15-PB10	0.077	0.061	0.094	0.085	0.053	0.091	0.204	0.315	0.228	0.881
PB15-PB12	0.046	0.059	0.037	0.077	0.027	0.000	0.367	0.143	0.255	0.010
PB15-PB13	0.126	0.107	0.137	0.086	0.180	0.093	0.279	0.006	0.011	0.812
PB15-PB14	0.095	0.078	0.102	0.075	0.128	0.163	0.381	0.105	0.316	0.007

附表 3 性别和学段题项网络的中心性指标差异检验结果

中心性指标	男生 vs 女生 (*p* value)	小学 vs 初中 (*p* value)	初中 vs 高中 (*p* value)	小学 vs 高中 (*p* value)
PB01	0.325	0.863	0.985	0.901
PB02	0.784	0.588	0.093	0.242
PB03	0.213	0.142	0.298	0.774
PB04	0.528	0.398	0.118	0.571
PB05	0.581	0.952	0.012	0.007
PB06	0.075	0.635	0.036	< 0.001
PB07	0.099	0.117	0.105	< 0.001
PB08	0.390	0.230	0.768	0.345
PB09	0.347	0.003	0.297	< 0.001
PB10	0.713	0.308	0.159	0.006
PB11	0.676	0.669	0.893	0.593
PB12	0.104	0.936	< 0.001	< 0.001
PB13	0.710	0.850	0.388	0.432
PB14	0.130	< 0.001	0.003	0.047
PB15	0.493	0.429	0.366	0.069